

$\forall n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$

الْمُنَادِيَةُ الْكَبِيرَةُ

فى الدّيناموات والمحرركات ذوات التّيار الموحّد
الاتّجاه وكلّ ما يتبعها

تأليف

يَعْقُوبُ بْنُ إِسْحَاقَ بْنِ طَرِيقٍ

خروج جامعة درهام

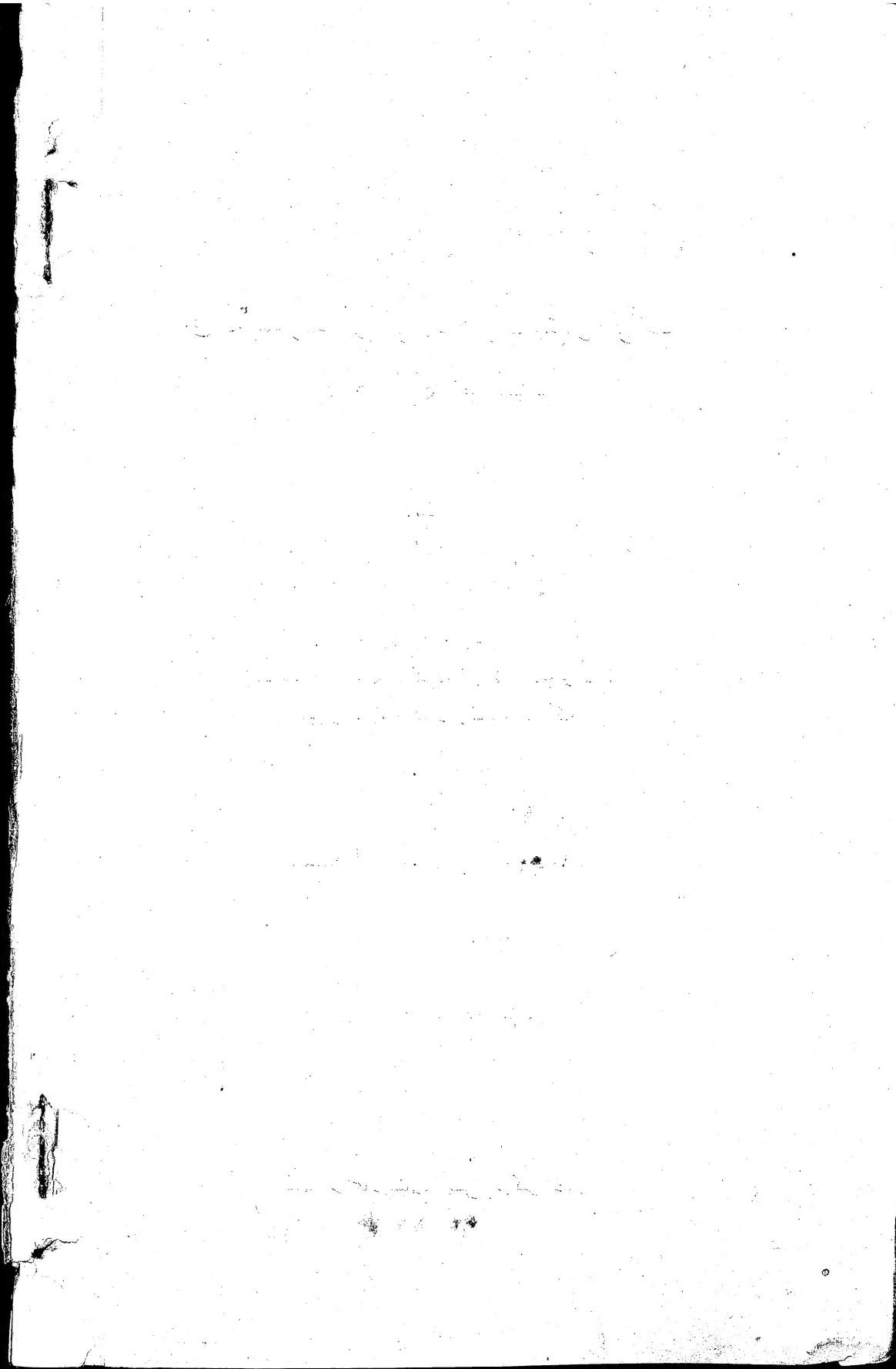
والمساعد الفني بشركة الكهرباء البريطانية بالبحرين سابقا
والمدرس بمدرسة الفنون والصنائع الملكية

197.

الطبعة الاولى - يناير سنة ١٩٥٥

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكرم بمصر



مقدمة

لما كان موضوع الهندسة الكهربائية من المواضيع الهامة التي يجب على الطالب الامام بها ليس فقط لتوصله للنجاح في الامتحانات النهائية بل لتكون اساساً صالحاً له يبنى عليه حياته العملية الكهربائية المستقبلية التي تفتقر البلاد لها افتقاراً كبيراً.

ولما لاحظته طول مدة تدريسي لهذا الفرع من النقص الظاهر على الطالب في تفهم تفاصيل هذا الموضوع مهما اجهد المدرس نفسه وذلك لعدم وجود مؤلفات عربية في الديناموات والمحركات وما يتبعها يسترشد بها ويرجع اليها. لذلك اخرجت هذا المؤلف بعد احجام كبير في بادئ الأمر لشعوري بالجهد الذي يتطلبه وضعه.

ولكنني اعتماداً على الله جل شأنه وحباً في الفائدة العامة قد قمت اخيراً بهذا العمل واني مستعد للاصغاء لأي انتقاد يوجه الى من حضرات المهندسين الذين يطلعون على هذا المؤلف بخصوص تفاصيله واصلاح ما قد فسد منه. والله اسأل ان يوفقنا جميعاً لما فيه خير البلاد.

المؤلف

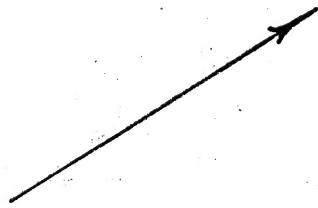
[Faint, illegible handwriting on aged paper]

الكلمة الاولى

الفصل الأول

تعريف أولي:

بند ١ - السرعة - هي المعدل الذي يقطع به جسم متحرك مسافة ما في وحدة الوقت فالجسم الذي يقطع ٢٤ متراً في ٣ دقائق سرعته أو معدل ما يقطعه في الدقيقة الواحدة $= \frac{٢٤}{٣} = ٨$ أمتار في الدقيقة والجسم الذي يقطع ٤٠٠ كيلو متراً في ٨ ساعات يقطع هذه المسافة بمعدل $= \frac{٤٠٠}{٨} = ٥٠$ كيلو متراً في الساعة وعادة تبين السرعة بالطرق التخطيطية بأن يرسم خط مستقيم طوله يبين السرعة وذلك بمقياس رسم مناسب ويعمل سهم في احدى طرفيه يدل على اتجاه السرعة فإذا كان الجسم سرعته ٥٠ كيلو متراً في الساعة مثلاً فيمكن أن نرسم المستقيم بمقياس رسم بحيث أن المليمتر من طول خط السرعة يمثل $\frac{١}{٣}$ كيلومتر أى أن كل ٣ ملليمتر تمثل كيلو متراً فطول الخط في هذه الحالة $= ٥٠ \times ٣ = ١٥$ سنتيمتر (شكل ١)

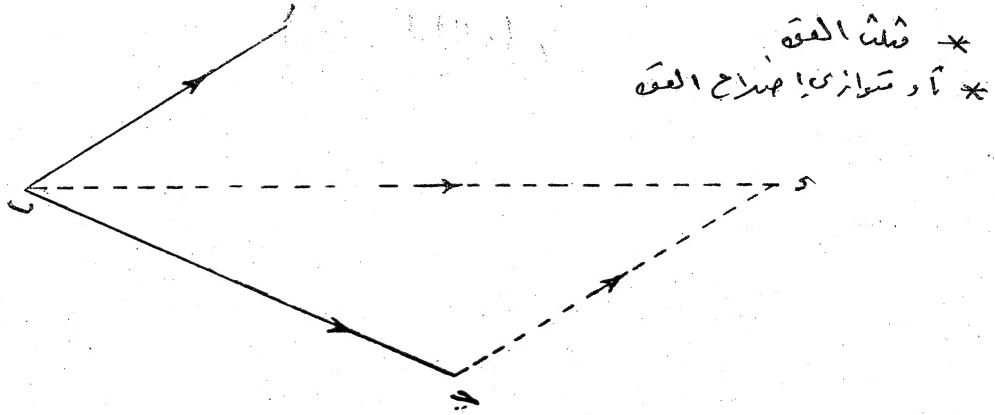


(شكل ١)

مثلت السرعة - اذا تحرك جسم
بسرعتين مختلفتي الاتجاه ولكنهما ثابتتي
القيمة فيمكن أن نستعوض عنهما بالطريقة
التخطيطية بخط سرعة واحد يقوم مقام
الاثنتين في تأثيره على حركة الجسم سواء في

القيمة أو في الاتجاه والمستقيمان ب ١ و ب ٢ (شكل ٢) يمثلان سرعتين على
الجسم فإذا رسمنا من نقطة ح (نهاية احدى سرعتين) مستقيماً ح و موازاً

ومساوٍ لخط السرعة u وفي نفس الاتجاه فالمستقيم u عبارة عن خط السرعة الذي يقوم مقام خطي السرعة المبيينين في القيمة والاتجاه في تأثيره على حركة الجسم B . ويسمى المثلث u h v بمثلث السرعة والخط u ومحصلة السرعتين



(شكل ٢)

واتجاه سهم المحصلة في مثلث السرعة بعكس اتجاه سهمي السرعتين (أى في اتجاه عقرب الساعة في الشكل المبين)

وبالعكس يمكن أن نحول أى سرعة الى سرعتين تقومان مقام هذه السرعة في القيمة والاتجاه فاذا كانت سرعة جسم $= u$ و v (شكل ٢) تتبع الطريقة السابقة في إيجاد السرعتين u h v وهما ضلعا المثلث الذي فيه u ويكون الضلع الثالث وتسمى السرعتان اللتان تقومان مقام سرعة واحدة بالمركبتين لهذه السرعة

ملحوظة — يلاحظ من مثلث السرعة أن مركبتى أى سرعة ليس لسكل منهما قيمة محدودة وكذلك الزاوية بينهما غير مقيدة (بشرط أن تقل عن 180°) فأى ضلعين يكونان مثلاً ضلعه الثالث خط السرعة يعتبران مركبتى سرعة لهذا الضلع الثالث

كمية الحركة — اذا تحرك جسم كتلته m بسرعة v فحاصل ضرب الكتلة في السرعة

أى $L \times S$ يسمى بكمية الحركة

القوة — اذا تغيرت كمية حركة أى جسم متحرك فالعامل المسبب لهذا

التغير يسمى بالقوة فاذا فرضنا أن كمية حركة جسم تغيرت من L س J جرام

سنتيمتر الى L س J جرام سنتيمتر فى الثانية فالقوة المسببة لهذا التغير

$$= L (S - S') \times C \text{ بفرض أن } C \text{ عدد ثابت}$$

فاذا اعتبرنا القوة وحدة اذا أثرت على حركة جسم كتلته ١ جرام فزادت

أو نقصت سرعته بنسبة ١ سنتيمتر فى الثانية فى كل ثانية فالعدد الثابت C

يساوى وحدة . وعلى هذا الاعتبار تسمى وحدة القوة بالداين أو بالسنتيمتر

جرام ثانية لأن الزمن بالثوانى والكتلة بالجرام والسرعة بالسنتيمتر

$$\therefore \text{القوة} = \frac{L (S - S')}{Z} \quad * \text{ قد سُمِّيَ كَيْفَ الْهَرَكِ سَرْعَتِهِ السَّيْرُ}$$

بمُرادِهِ أَرَادَ قُوَّتَهُ اسْمُهُ ثَرَكُلٌ سَائِدٌ

ز

ويمكننا أن نبين القوة بالرسم التخطيطى كما هو الحال فى السرعة

محصلة القوت — محصلة القوت على جسم هى عبارة عن القوة التى يمكن

أن تقوم مقام هذه القوت فى تأثيرها اذا استعوض بها على الجسم وتسمى هذه

القوة بمحصلة القوت . فاذا فرضنا قوتين مسلطتين على جسم على استقامة واحدة

فمحصلتهما تساوى مجموعهما اذا كانتا فى اتجاه واحد وتساوى الفرق بينهما اذا

كانتا مضادتين . أما اذا لم تكونا على استقامة واحدة فلايجاد محصلتهما تتبع

الطريقة التخطيطية السابقة لايجاد محصلة السرعة . وتسمى هذه الطريقة بمثلث

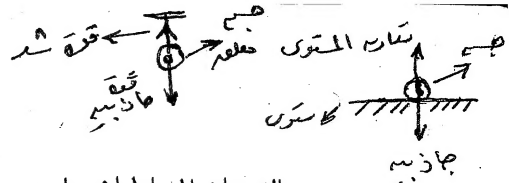
القوة أو متوازى أضلاع القوة

كذلك اذا أردنا ايجاد قوتين لتقوما مقام قوة واحدة مسلطة على جسم

فالطريقة السابقة لايجاد مركبى السرعة تستعمل لايجاد مركبى القوة

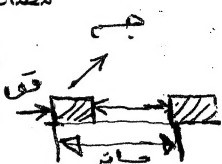
تعادل القوت — اذا كان الجسم ساكناً فيجوز أن يظل ساكناً اذا

سلطت عليه جملة قوت وذلك اذا كانت محصلة هذه القوت تساوى صفراً



فالقوتان المسلطتان على جسم في استقامة واحدة والمضادتا الاتجاه لا يسببان
أى حركة للجسم اذا كانتا متساويتين . وأمثال ذلك كثيرة فالجسم الساكن
الموضوع على مستوى أفقى والجسم الساكن المعلق بخيط كلاهما تحت تأثير قوتين
مضادتين ومتساويتين

فالأول تحت تأثير جاذبية الأرض أى ثقله ومقاومة المستوى الموضوع عليه
والثانى تحت تأثير ثقله ومقاومة الشد فى الخيط



الشغل — اذا تحرك جسم تحت تأثير أى قوة لمسافة ما فيقال أن هذه القوة

قد عملت شغلا . أما اذا ظل الجسم ساكناً فليس هناك أى شغل معمول على
الجسم مهما كانت قيمة القوة أو القوات المسلطة عليه

فالشغل يتناسب مع القوة مضروبة فى المسافة المقطوعة بالجسم بتأثير هذه

أرج وحدة القوة . أى أن الشغل = القوة \times المسافة المقطوعة \times عدد ثابت

1 دابن \times 100 = ولو اعتبرنا الشغل وحدة عند ما تكون القوة وحدة والمسافة وحدة فالعدد

1/10 = 1 دابن الثابت لا بد وأن يساوى وحدة

فإذا كانت القوة = 1 دابن 6 المسافة المقطوعة 1 سنتيمتر فالوحدة المأخوذة

للشغل فى هذه الحالة تسمى أرج . وبما أن الأرج وحدة صغيرة جداً فقد استعويض

عنها بوحدة أخرى تسمى جول وهى تساوى 10⁷ أرج

أى أن 1 دابن \times 1 سنتيمتر \times 10⁷ = 1 جول

الطاقة — الشغل الكلى الذى يمكن لأى جسم عمله يسمى بطاقته فالشغل

المعمول بأى جسم هو فى الحقيقة جزء من طاقته ولذلك لا تختلف وحدات

الشغل عن وحدات الطاقة (والطاقة مشروحة بشيء من التفصيل فى مقدمة

الباب الأول)

تختلف وحدات الشغل
على رصاة الطاقة

الفصل الثاني

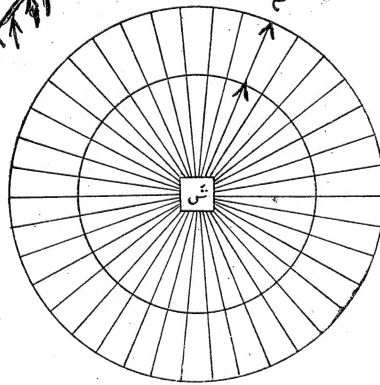
الاجسام المغناطيسية

* الجسم المغناطيسي هو الجسم الذي
يشع خطوط مغناطيسية

بند ٢ - من الطرق التي يعرف بها الجسم المغناطيس جاذبيته للاجسام
القابلة للمغطة مثل الحديد والصلب

ويتوقف هذا التأثير على شدة مغناطيسية الجسم المغناطيس وعلى المسافة
بينه وبين الجسم القابل للمغطة القوة شبهة بالانجذاب = $\frac{1}{r^2}$
فلو فرضنا قطباً مغناطيسياً قائماً بذاته وشدة هذا القطب س وحدات
مغناطيسية فالقوة الناتجة من هذه الشدة موزعة حول القطب في جميع الجهات
ومثلها مثل الضوء الذي يتشعع في جميع الجهات حول المصدر المتشعع منه
فلو جعلنا القطب مركزاً لجسمين كرويين نصف قطريهما بق و ب
بالسنتيمتر فالتأثير الحاصل من الشدة الكلية س على الاجسام القابلة للمغطة
يتوزع على سطحي الكرتين بحيث أن القوة الناتجة عنها على وحدة القطب

الموضوعة على السنتيمتر المربع من مساحة الاولى



شكل (٢)

$$\frac{\text{شدة القطب}}{\text{مساحة الكرة}} = \frac{س}{٤ \pi ر^2} = \frac{س}{١٨٠}$$

$$\text{ومن مساحة الثانية} = \frac{س}{٤ \pi ر^2} = \frac{س}{١٨٠}$$

إذا نسبة القوة على وحدة مساحة
سطح الكرة الاولى اليها على سطح الكرة

$$\frac{\text{الثانية}}{\text{تق ٢}} = \frac{\text{تق ١}}{\text{تق ٢}}$$

$$\frac{\frac{س}{٤ \pi ر^2}}{\frac{س}{٤ \pi ر^2}} = \frac{\frac{س}{١٨٠}}{\frac{س}{١٨٠}} = \frac{١}{١}$$

نستج من ذلك أن قوة أى قطب مغناطيسى على أى جسم قابل للمغطة موضوع على نقطة تبعد عنه تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينه وبين هذه النقطة . ويسمى هذا القانون بقانون التربيع العكسي

فلو فرضنا أن س = شدة القطب فالقوة على وحدة قطب تبعد عنه

$$س = \frac{1}{2} \text{ سنتيمتر} \quad \times \text{قوة قطب} = \text{قوة}$$

القوة المتبادلة بين مغناطيسين

بند ٣ - دلت التجارب الأولية على أن القوة المتبادلة بين قطبين مغناطيسين تتناسب تناسباً طردياً مع شدتهما (وهذه القوة إما أن تكون قوة تنافر إذا كانا من نوع واحد أو تجاذب إذا كانا مختلفين) والسؤال الذى يتبادر الى الذهن من الوجهة النظرية هو لماذا تتناسب القوة المتبادلة مع حاصل ضرب شدتهما وليس مع مجموعهما مثلاً

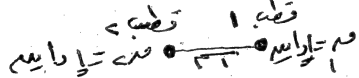
فلنفرض أنها تتناسب مع المجموع فعنى ذلك أن الجسم الغير قابل للمغطة الموضوع أمام مغناطيس يجب أن يتأثر بقوة تتناسب مع س + صفر بفرض أن س = شدة المغناطيس

مع العلم أن شدة مغناطيسية الجسم الغير قابل للمغطة = صفر ولكن الحقيقة ليست هناك أى قوة على الجسم الغير قابل للمغطة بدليل عدم وجود أى تأثير بالمرّة كما هو معروف

إذا لا يد وأن تتناسب القوة المتبادلة مع س × صفر أى تساوى صفراً فى هذه الحالة

أما الجسم القابل للمغطة فعندما يوضع أمام مغناطيس فالجسم يتمغطس أولاً بالتأثير (راجع الكتب الأولية) فيصبح مغناطيسياً وبذلك ينجذب بنسبة حاصل ضرب الشدتين

فلو فرضنا أن س = شدة قطبين مغناطيسيين يبعدان عن بعضهما بمسافة ٥ سنتيمتر

فشدة المغناطيس الأول على النقطة الموضوع فيها الثانى $\frac{S}{r^2}$ (بند ٢)
والقوة المتبادلة على حسب بند ٣ $\frac{S}{r^2} \times S_1 \times \text{عدد ثابت}$. فإذا اعتبرنا القوة
المتبادلة تساوى وحدة عند ما يكون كل من الشدتين والمسافة وحدة فالعدد
الثابت لا بد وأن يساوى واحد \times الـ $\frac{S}{r^2}$ مثل $\frac{S}{r^2} = \frac{قوة}{مسافة^2}$
وعلى ذلك القوة المتبادلة $\frac{S_1 \times S}{r^2}$ دايين ويسمى هذا القانون
بقانون كولوم فإذا كانت $S =$ وحدة $6 = 1$ سنتيمتر فالقوة المتبادلة $=$
 $\frac{1}{r^2} \times S_1 = S_1$ دايين 
إذا شدة أى قطب مغناطيسى تقاس بالتأثير المتبادل بينه وبين قطب آخر
ذى وحدة موضوع على مسافة ١ سنتيمتر منه. والشدة على أى نقطة تقاس بالقوة
المتبادلة بينه وبين وحدة القطب على هذه النقطة
والقطب يقال له وحدة إذا كان التأثير بينه وبين قطب آخر ذى وحدة على
مسافة ١ سنتيمتر منه يساوى وحدة

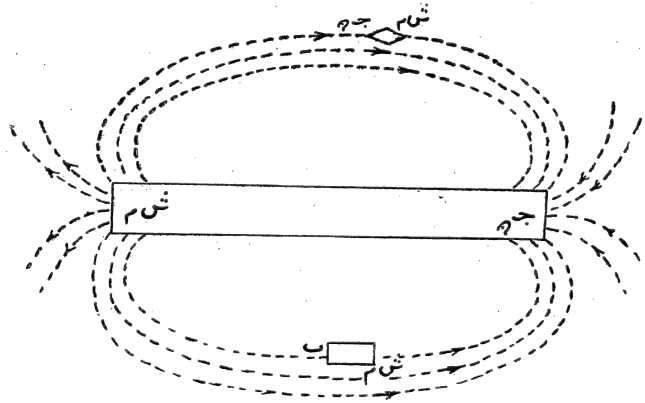
خطوط القوة المغناطيسية وكيفية تقديرها

بند ٤ - تكلمنا عن القوة المحيطة بالقطب المغناطيسى وكيفية تأثيرها على
الأجسام القابلة للمغطسة ونستنتج من ذلك أن الوسط المحيط بالمغناطيس اكتسب
خاصية جديدة لم تكن فيه عند ما كان بعيداً عن التأثيرات المغناطيسية بدليل أننا
لورشنا برادة حديد على فرخ ورق موضوع فوق مغناطيس ودققنا دقاً خفيفاً
حول البرادة بعد رشها لاحظنا أنها ترتب نفسها بشكل منحنيات منتظمة لا تتقاطع
مع بعضها فى أى نقطة من مبدأها وهو أحد طرفى المغناطيس الى نهايتها وهو
الطرف الآخر
وتعليل ذلك أن كل قطعة من برادة الحديد أصبحت مغناطيساً بتأثير الوسط

الموضوع فيه المغناطيس الأصلي بحيث أن طرف القطعة القريب من القطب الشمالى أصبح جنوباً والطرف الآخر شمالياً

ويمكننا أن نرسم بطريقة أوضح اتجاه سير هذه المنحنيات بواسطة ابرة بوصلة وذلك بأن نضعها بمركزها على نقطة قريبة من القطب الشمالى لمغناطيس موضوع وضعاً أفقياً على فرخ ورق ونعين بالقلم الرصاص اتجاه القطب الشمالى للابرة ثم ننقل الابرة بحيث أن قطبها الجنوبي ينطبق على النقطة المعينة ونعين اتجاه القطب الشمالى فى هذا الوضع ونستمر على هذه الطريقة الى أن نصل بالابرة لنهاية المغناطيس أى الطرف الجنوبي

فاذا وصلنا جميع النقط ببعضها نتج احدى منحنيات القوة حول المغناطيس ويمكننا أن نرسم جملة منحنيات بهذه الطريقة مبتدئين بجملة نقط على طرف المغناطيس الشمالى ونعين اتجاه شمال الابرة بالطريقة السابقة من كل نقطة الى أن نصل للطرف الجنوبي للمغناطيس (شكل ٤)



(شكل ٤)

بند ٥ — نستنتج من هذه التجربة

١ — ان هذه المنحنيات لا تتقاطع مطلقاً مع بعضها بدليل أننا لو وضعنا ابرة البوصلة على احدى هذه المنحنيات وفى أى نقطة عليه لاحظنا أن اتجاه القطب الشمالى فى اتجاه المنحنى فى جميع النقط عليه ولا توجد أى نقطة يتقاطع

فيها شمال الابرّة مع المنحنيات المجاورة له أو يتجه نحوها

٢ — الابرّة مقيدة في كل وضع من أوضاعها بقوتين احدهما قوة التجاذب بين جنوب المغناطيس وشمال الابرّة والثانية قوة التجاذب بين شمال المغناطيس وجنوب الابرّة فاذا تصورنا قطباً شمالياً قائماً بذاته موضوعاً مكان الابرّة فالقطب يتحرك بتأثير التنافر بينه وبين شمال المغناطيس والتجاذب بينه وبين جنوب المغناطيس ولا يمكن أن يحميد في حركته عن منحني القوة الموضوع عليه

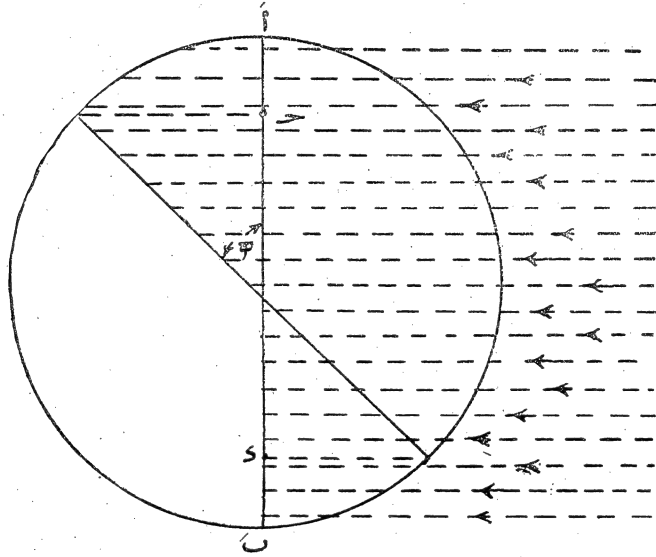
٣ — حركة القطب على منحني من المنحنيات تتوقف على القوة المتبادلة بين شدة القطب وشدة المغناطيس وهذه القوة تختلف على طول المنحني بين محور الخمول وطرف المغناطيس ويمكن أن نستنتج ذلك من قانون التوزيع العكسي (بند ٢)

وهذه المنحنيات قد أطلق عليها خطوط القوة المغناطيسية وهي تبدأ من شمال المغناطيس وتسير في الوسط المحيط به وتنتهي بجنوب المغناطيس والوسط المحصور فيه هذه المنحنيات يسمى بالمجال المغناطيسي وعدد الخطوط المغناطيسية الكلية المتشعبة من القطب تسمى بالتدفق أو الفيض المغناطيسي

نقبر عدد الخطوط المغناطيسية للدلالة على القوة

بند ٦ — تقدر عدد خطوط (أو منحنيات) القوة المغناطيسية المتشعبة من مغناطيس على أي نقطة تبعد عنه بحيث أن عددها على مساحة سنتيمتر مربع في هذه النقطة يدل على قوته على وحدة قطب موضوع على هذه النقطة وللحصول على أكبر عدد ممكن من خطوط القوة في السنتيمتر المربع يجب أن يكون مستوى هذا الأخير متعامداً على اتجاه الخطوط اذ لو فرضنا أن α المستوى الجانبي لمساحة سنتيمتر مربع (شكل هـ) θ زاوية انحراف هذا المستوى المتعامد على خطوط القوة المبينة فعدد الخطوط المختزقة للمستوى المائل تساوي عدد الخطوط المختزقة لجزء من المستوى الرأسى أي للجزء $\cos \theta$

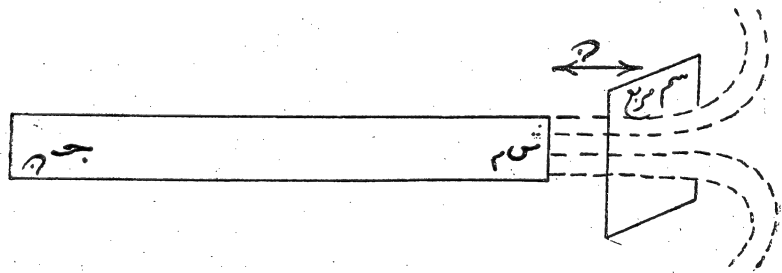
وبما أن مستوى σ = مستوى السنتمر المربع المائل \times جتا θ . إذا عدد
الخطوط المخترقة للسنتمر المربع من المستوى المائل = عدد الخطوط المخترقة
للسنتمر المربع $AB \times$ جتا θ
وجتا θ = أقصى ما يمكن إذا كانت θ = صفراً أى إذا انطبق المستوى
المائل على المستوى الرأسى AB
إذا تقدر شدة مغناطيس على أى نقطة تبعد عنه بعدد خطوط القوة المخترقة



(شكل ٥)

لمساحة سنتمر مربع متعامدة على الخطوط فى هذه النقطة
فلو فرضنا مغناطيساً شكل (٦) شدته S فقوته على وحدة قطب يبعد

$$\text{عنه } \sigma = \frac{S}{r^2} \text{ (قانون التربيع العكسى)}$$



(شكل ٦)

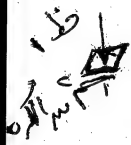
قطب شدته الازمة

خط
واحد



إذا عدد الخطوط المغناطيسية على السنتيمتر المربع المتعامد على اتجاهها في هذه النقطة $= \frac{1}{2} \times \text{خطوط}$

بناء عما تقدم يمكننا أن نعرف وحدة القطب (علاوة على التعريف السابق (بند ٢) أن القطب يقال له وحدة إذا كان عدد خطوط القوة المتشعة منه على السنتيمتر المربع المتعامد عليها من نقطة تبعد عنه ١ سنتيمتر يساوى خطاً واحداً وبما أن السطح الوحيد الذي يمكن به حصر جميع الخطوط المغناطيسية المتشعة حول القطب بحيث أن اتجاه كل خط يكون متعامداً عليه هو السطح الكروي الذي يحيط بالقطب كمرکز له



إذاً إذا كان نصف قطر هذا السطح الكروي ١ سنتيمتر فكل سنتيمتر مربع منه يقطعه خط قوة واحد إذا كان القطب وحده

إذا عدد خطوط القوة الكلية المتشعة من وحدة القطب أى القاطعة لسطح الكرة السابقة = ٤ ط خطوط $4 \times 3.14 \times 1 = 12.56$ خط

فرق الجهد المغناطيسى والقوة الدافعة المغناطيسية

بند ٧ - عرفنا بما سبق بند (٥) أن القطب الشمالى القائم بذاته يتحرك اذا وضع في ساحة مغناطيسية بتأثير التنافر بينه وبين القطب الشمالى للمغناطيس المكون للساحة والتجاذب بينه وبين القطب الجنوبى له (شكل ٤) وهو يسير في حركته على منحنى القوة الموضوع عليه ولا يحيد عنه الى أن يصل لنهاية المنحنى وهو القطب الجنوبى للمغناطيس فاذا كانت شدة القطب وحده فالقوة المتبادلة بينه وبين المغناطيس على أى نقطة على المنحنى عبارة عن قوة المغناطيس على هذه النقطة (بند ٣)

واذا أخذنا نقطتين على منحنى القوة فالشغل المبذول بقوة المغناطيس لتحريك وحدة القطب بين هذين النقطتين يساوى حاصل ضرب هذه القوة المسببة للحركة في المسافة بينهما وهذا الشغل المبذول يصرف اما في تحريك القطب ضد أى مقاومة ميكانيكية تعترض سيره أو في توليد طاقة تحركية تدخر في القطب

المتحرك (اذا لم توجد أى عوارض ميكانيكية)

كذلك اذا حركنا القطب بقوة ميكانيكية خارجية بالعكس أى ضد قوة المغناطيس فالشغل المبذول ضد القوة المغناطيسية . يصرف فى توليد طاقة موضعية تدخرفى القطب بدليل أننا لو رفعنا القوة الخارجية عن القطب يرجع هذا الأخير الى مكانه الاول بتأثير القوة المغناطيسية وهذا مماثل تماماً لما يحدث فى جسم رفع عن المستوى الموضوع عليه فالشغل المبذول فى رفع الجسم ضد جاذبية الأرض (أو ثقله) يولد فيه طاقة موضعية تدخرفيه بدليل أننا لو أبعدنا القوة الرافعة للجسم يسقط على المستوى بتأثير هذه الطاقة الموضعية التى ادخرت فيه

وبدسبى أنه لا يمكن لأى جسم أن يتحرك بين نقطتين على مستوى أفقى واحد بتأثير جاذبية الأرض ولكن اذا كانت النقطتان على مستويين أحدهما أعلا من الآخر بالنسبة لسطح الأرض فالجسم يتحرك من المستوى الأعلى الى المستوى الأسفل بتأثير جاذبية الأرض له اذا لم يوجد أى حائل ميكانيكى دون حركته

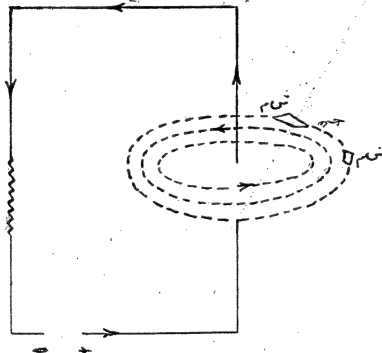
والشغل المبذول اما أن يكون ضد جاذبية الأرض اذا حركنا الجسم من المستوى المنخفض الى المستوى الأعلى أو بواسطة جاذبية الأرض اذا تركناه يتحرك بالعكس . فالسبب فى حركة وحدة القطب من ب بتأثير المغناطيس هو أن الجهد على النقطة ب أعلا منه على النقطة التى تحرك اليها أى أن هناك فرق جهد بين النقطتين ويمكن تعريف فرق الجهد بين أى نقطتين بأنه عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة قطب شمالى ضد التأثير المغناطيسى بين النقطتين أى من النقطة الأقل جهداً الى النقطة الأعلى جهداً أو الشغل المبذول فى تحريك وحدة القطب المذكور بواسطة التأثير المغناطيسى بين النقطتين أى من النقطة الأعلى جهداً الى النقطة الأقل جهداً

والقوة الدافعة المغناطيسية هى عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة القطب الشمالى من أول منحى القوة الى نهايته

الفصل الثالث

قوة التيار الكهربائي المغناطيسية

بند ٨ — قد دلت التجارب الاولى على أن التيار الكهربائي المار في سلك يولد مساحة مغناطيسية حول السلك وخطوط قوة هذه المساحة تكون دوائر أحول السلك مستويها متعامد عليه ومر كزها مار بطول السلك كما في (شكل ٧) وتوجد



(شكل ٧)

جملة قوانين لمعرفة اتجاه هذه الدوائر المغناطيسية منها قانون قبضة اليد اليمنى وهو اذا تصورنا أننا نقبض باليد اليمنى على السلك المار فيه التيار الكهربائي بحيث أن اتجاه امتداد الابهام يكون في اتجاه سير التيار الكهربائي في السلك فاتجاه القبضة يعين اتجاه خطوط القوة المغناطيسية حول السلك

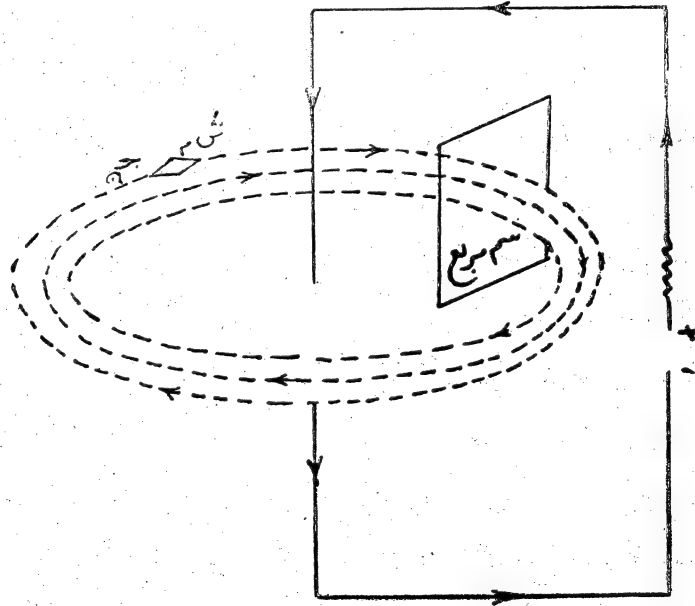
ومنها قانون البريمة وهو اذا تصورنا بريمة موضوعة بطولها على امتداد طول السلك وأدناها بحيث أن حركتها الاتجاهية تكون في اتجاه سير التيار الكهربائي في السلك فاتجاه حركتها الدورانية يعين اتجاه سير خطوط القوة حول السلك ولا فرق مطلقاً بين المغناطيسية المتولدة من تيار كهربائي والمغناطيسية المتولدة بالطرق الاخرى المعروفة في السكتب الاولى (كاللص البسيط والمنفصل الخ) سواء في تأثيرها أو في تقديرها بدليل أن ابرة البوصلة الموضوعة بجوار السلك الرأسى المار فيه تيار كهربائي (شكل ٧) تنحرف عن اتجاهها في المواضع التي لا تنطبق خطوط مغناطيسية التيار الكهربائي في الاتجاه مع خطوط مغناطيسية الارض كما هو الحال اذا وضعت بجوار أى قضيب ممغنط متجه قطبه الشمالى

نحو شمال مغناطيسية الارض . كذلك برادة الحديد اذا رشت حول السلك المتعامد على فرخ الورق والمار فيه تيار كهربائي ودققنا على فرخ الورق دقاً خفيفاً رتبت هذه البرادة نفسها بشكل دوائر أى بالشكل الذى تتجه فيه خطوط القوة المغناطيسية المتولدة حول السلك دليل على أن كل جزء من أجزاء البرادة أصبح مغناطيساً بالتأثير كما هو الحال اذا رشت حول قضيب ممغطس

قوة مغناطيسية التيار الكهربائى

بند ٩ - يستنتج مما سبق أن كل ما ذكر فى الفصل الثانى منطبق تماماً على كل مجال مغناطيسى سواء كان مصدره قضيباً مغناطيسياً أو تياراً كهربائياً فالقوة المغناطيسية الناشئة عن التيار الكهربائى على أى نقطة تبعد عنه عبارة عن التأثير المتبادل بينها وبين وحدة قطب مغناطيسى موضوع على هذه النقطة .

أو عبارة عن عدد الخطوط أو المنحنيات المغناطيسية المخترقة لمساحة

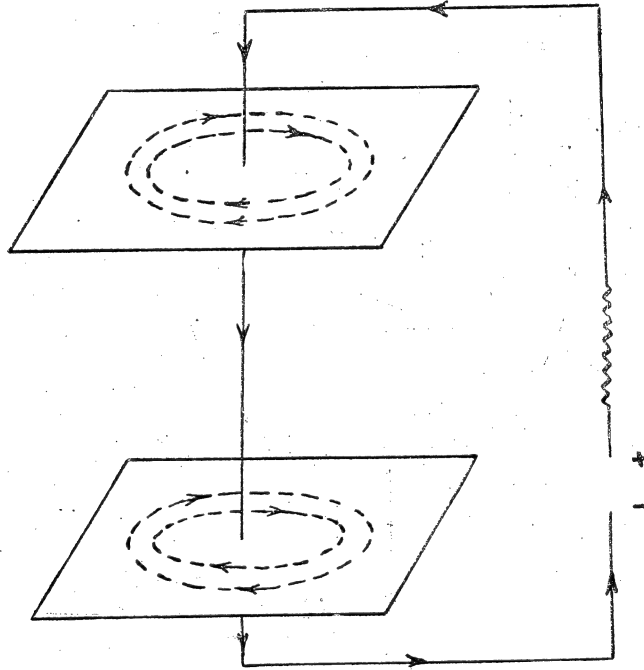


شكل (٨)

سنتيمتر مربع لجسم غير قابل للغطسة متعامد على اتجاه الخطوط من هذه النقطة كالسنتيمتر المربع المبين (شكل ٨)

قوة مغناطيسية تيار كهربائى فى سلك مستقيم وسلك دائرى

بند ١٠ — نلاحظ أن التيار الكهربائى فى كل جزء من اجزاء السلك المستقيم المبين فى شكل ٨ يولد خطوط قوة مغناطيسية حوله مستقلة عن الأخرى (اذا أهملنا تأثير طرفى السلك باعتبار أن السلك طويل جداً) بدليل أننا لو مررنا السلك الرأسى المار فيه التيار الكهربائى بفرخين أو ثلاثة من الورق موضوعة وضعاً أفقياً وعلى أبعاد مختلفة من طول السلك (شكل ٩) فبرادة الحديد



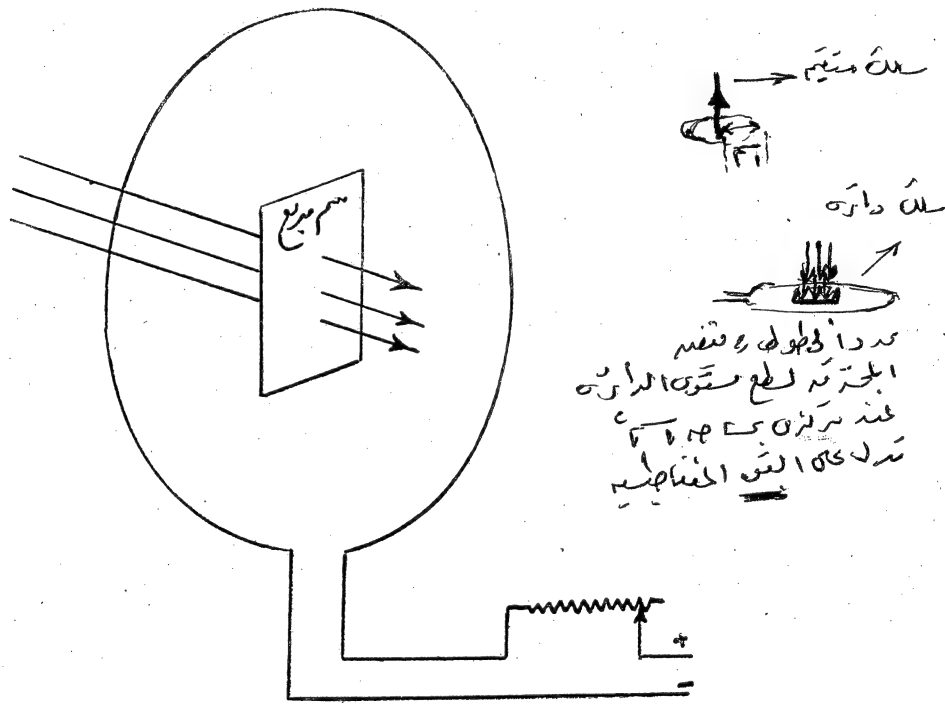
(شكل ٩)

ترتب نفسها على كل من سطح الورق بنظام واحد حول السلك وكذلك ابرة البوصلة تتأثر حول السلك بتأثير ثابت اذا وضعت بجوار أى جزء من أجزاء السلك بشرط أن يكون البعد بين مركز الابرة وطول السلك ثابت وأن الخط

الواصل من جميع النقط التي توضع عليها الابر في جميع الاجزاء يوازي طول السلك المار فيه التيار الكهربائي

نستنتج مما تقدم أن قوة المغناطيسية الناشئة من التيار الكهربائي في سلك مستقيم على أى نقطة تبعد عنه ناشئة عن مرور التيار الكهربائي في الجزء من السلك المقابل لهذه النقطة وهذا الجزء طوله واحد سنتيمتر (وهي وحدة الطول المأخوذة).

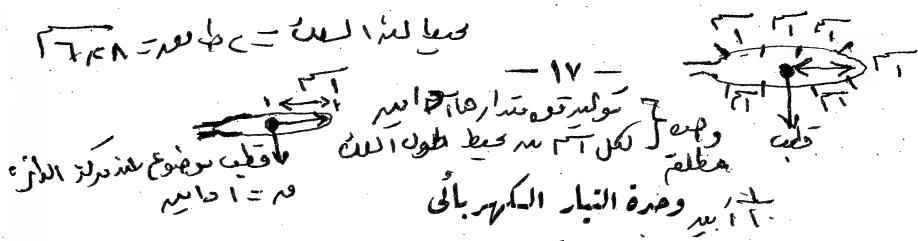
أما اذا كان السلك المار فيه التيار الكهربائي دائري (شكل ١٠) فعدد الخطوط المغناطيسية المخترقة لمساحة سنتيمتر مربع في مركز الدائرة ومستويه



(شكل ١٠)

منطبق على مستوى الدائرة تدل على قوة التيار المغناطيسية الناشئة عن التيار الكهربائي في جميع أجزاء السلك

وهذا يدهى لان المسافة بين مركز السلك الدائري وطول السلك متساوية على كل جزء من أجزائه



بند ١١ - قد اتخذت خاصية التيار الكهربائي لتوليد المغناطيسية لمعرفة وحدته
فاذا مر تيار كهربائي في سلك دائري نصف قطره ١ سنتيمتر وكانت القوة
المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة من هذا التيار في السلك وبين وحدة قطب
مغناطيسي موضوع في مركز السلك الدائري تساوي واحد دايين لكل سنتيمتر
من طول السلك فشدة التيار الكهربائي يقال لها وحدة مطلقة والوحدة العملية
وهي الامبير = $\frac{1}{10}$ الوحدة المطلقة

هذا التعريف لوحدة التيار الكهربائي هو نفس تعريف وحدة القطب
(بند ٣) لان المسبب للقوة المتبادلة ليس التيار الكهربائي بل المغناطيسية
المتولدة منه .

اذا عدد الخطوط المغناطيسية على السنتيمتر المربع المتعامد عليها في مركز
السلك يكون بنسبة خط واحد لكل سنتيمتر من طول محيط السلك اذا كانت
شدة التيار وحدة ونصف القطر واحد سنتيمتر

وعدد خطوط القوة الكلية على السنتيمتر المربع السابق أي العدد الناشئ
من مرور وحدة التيار المطلقة في محيط السلك كله $2\pi \times 1 = 2\pi$
خطوط = قوة التيار المغناطيسي في المركز بالداين

واذا كانت الشدة س أمبير ونصف القطر س سنتيمتر فقوة التيار
المغناطيسية في مركز السلك $\frac{S}{10} \times \frac{2\pi S}{10} = \frac{2\pi S^2}{100}$ دايين

(الشدة بالوحدات المطلقة)

مثال ذلك

اذا كانت شدة التيار الكهربائي في سلك دائري يساوي ٥ أمبير ونصف

٢ - هندسة كهربائية

قطر محيط السلك ١ سنتيمتر فما هي قوة التيار المغناطيسية في مركز السلك وما هي القوة المتبادلة بين قطب ذى ١٠ وحدات موضوع في المركز وبين قوة التيار المغناطيسية

$$٥ \text{ أمبير} = \frac{١}{٣} = \frac{١}{٣} \text{ وحدات مطلقة}$$

$$\text{قوة التيار المغناطيسية في المركز} = \frac{(٢ ط \times ١) \times \frac{١}{٣}}{٢١ \text{ سنتيمتر}} = \frac{٢ ط}{٢١} \text{ دايين}$$

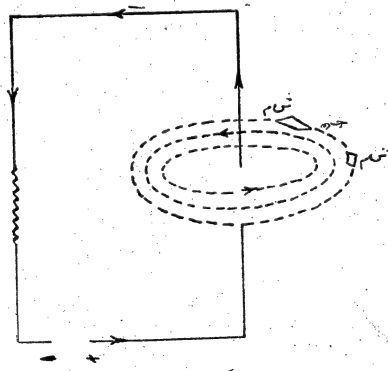
القوة المتبادلة = ط دايين \times ١٠ دايين = ١٠ ط دايين
أوجد قوة التيار المغناطيسية والقوة المتبادلة في المسألة السابقة اذا كان نصف القطر = ١٠ سنتيمتر

$$\text{قوة التيار المغناطيسية في المركز} = \frac{(٢ ط \times ١٠) \times \frac{١}{٣}}{١٠ \text{ سنتيمتر}} = \frac{٢ ط}{١٠} \text{ دايين}$$

$$\text{القوة المتبادلة} = \frac{ط}{١٠} \times ١٠ \text{ دايين} = ط \text{ دايين}$$

تأثير القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار الكهربائي ومغناطيسية قطب موضوع في ساعته

بند ١٢ — لو فرضنا ابرة بوصلة موضوعة على احدى منحنيات القوة المغناطيسية الناشئة من تيار كهربائي معلوم اتجاهه في سلك موضوع وضعاً رأسياً

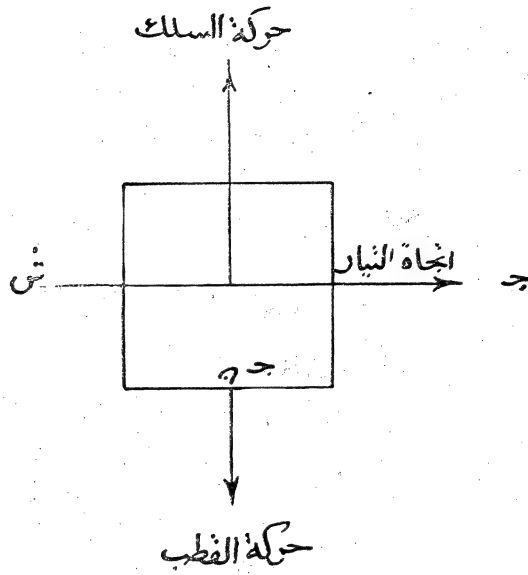


(شكل ١١)

كما في شكل ١١. فانحراف القطب الشمالى للابرة (بشرط أن لا يكون الجزء من المنحنى المغناطيسى الموضوع عليه الابرة مواز وفي اتجاه مغناطيسية الارض والا فالابرة لا تنحرف) يكون في اتجاه دورة منحنى القوة الموضوع عليه الابرة وهذا الاتجاه يمكن معرفته باحدى

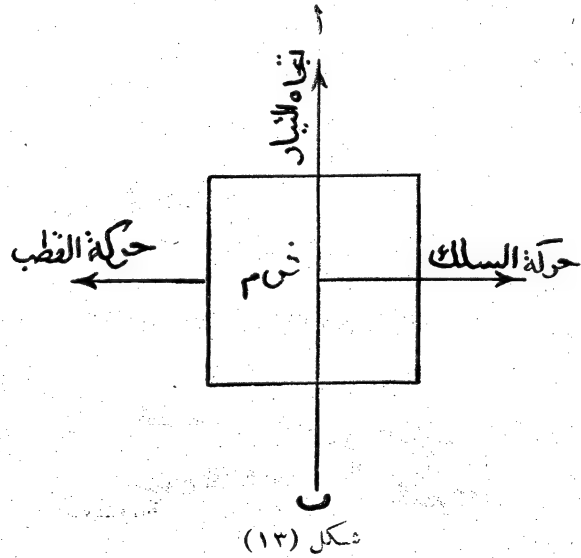
القوانين السابقة (بند ٨)

ولو تصورنا قطباً شمالياً قائماً بذاته موضوعاً على المنحنى بدلاً من الابرّة بحرك



شكل (١٢)

القطب بهذا التأثير المتبادل على طول المنحنى في الاتجاه المبين بالشكل
أى في مستوى متعامد على طول السلك



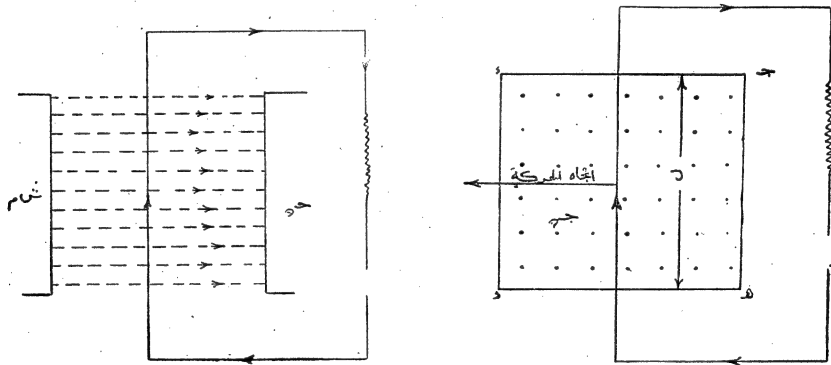
شكل (١٣)

وبما أن حركة القطب ناتجة عن القوة المتبادلة بين شدته وقوة أو شدة المجال المغناطيسى على هذا الوضع

إذا إذا ثبتنا القطب وكان السلك قابلاً للحركة تحرك هذا الأخير في اتجاه متعامد على المستوى المار بطول السلك وخطوط قوة القطب المتقابلة مع السلك وبما أن القوة متبادلة كما قلنا فحركة السلك تكون بعكس حركة القطب في الاتجاه. والشكلان ١٢ و ١٣ يبيان قطبين سم و ح وكل منهما أمامه سلك ١ ب ح د به تيار كهربائى معين اتجاهه في كل منهما وبتطبيق احدى القوانين المبينة فى بند ٨ (قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى) يلاحظ أن حركة السلك أو القطب هى كالمبين بالشكلين

القوة المتولدة فى سلك به تيار كهربائى وموضوع فى ساحة مغناطيسية

بند ١٣ — إذا مررنا تياراً كهربائياً فى سلك موضوع فى ساحة مغناطيسية



المستوى الجانبي (القطب الشمالى للايضاح)

شكل (١٤)

بحيث أن طوله عمودى على التدفق المغناطيسى المتشعع من القطبين سم و ح

المبين بشكل ١٤

وفرضنا أن س أمبير = شدة التيار الكهربائى فى السلك فى الاتجاه

المبين ٦ ل سم = طول السلك الذى فى حدود التدفق المغناطيسى وكانت

خطوط القوة للتدفق موزعة بالتساوى على كل سنتيمتر مربع من المستوى الموضوع فيه السلك مثل h و d وكانت l = عدد الخطوط القاطعة لكل سنتيمتر مربع من هذا المستوى = كثافة المجال أو التدفق المغناطيسى (بند ٦) فالقوة المتبادلة بين مغناطيسييه التيار الكهربائى المتولدة حول كل سنتيمتر من طول السلك وبين شدة المجال المغناطيسى على نقطة تبعد 1 سنتيمتر عن السلك بالوحدات المطلقة = $l \times \frac{h}{10}$ داین

والقوة الكلية المتبادلة على طول السلك l = $l \times \frac{h}{10} \times l$ داین
فاذا تحرك السلك تحت تأثير هذين القوتين المتبادلتين (بند ١٢) لمسافة d سنتيمتر فالشغل المبذول (ويساوى القوة \times المسافة) = $l \times \frac{h}{10} \times l \times d$ ه أرج

ولكن $l \times d$ سنتيمتر مربع عبارة عن المساحة التى اكتسحها السلك $\therefore l \times l \times d$ عبارة عن عدد خطوط القوة المقطوعة بالسلك أثناء حركته لمسافة d سنتيمتر

نستنتج من ذلك القانون المهم الآتى
اذا تحرك سلك به تيار كهربائى فى ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله .
وفى اتجاه حركته على اتجاه خطوط قوة الساحة فالشغل المبذول عبارة عن عدد خطوط قوة الساحة المقطوعة بالسلك ($l \times l \times d$) مضروباً فى شدة التيار الكهربائى

كذلك لو تغير عدد خطوط قوة الساحة بدلا من حركة السلك بحيث أنها تقطع أثناء تغييرها السلك بالشروط السابقة فالشغل المبذول عبارة عن عدد الخطوط المتغيرة مضروباً فى شدة التيار فى السلك

وسواء كانت شدة التيار فى السلك مستمدة من ينبوع كهربائى (شكل ١٤)

(وفي هذه الحالة يتحرك السلك بتأثير القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار ومغناطيسية الساحة) أو متولدة في السلك نتيجة تحريكه بضغط ميكانيكي خارجي فالقانون السابق ينطبق على الحالتين . غير أن الشغل المبذول في الحالة الأولى يصرف أما في تحريك السلك ضد أى مقاومة ميكانيكية تعترض حركته أو في توليد طاقة تحركية تدخر فيه (اذا لم توجد أى عوارض ميكانيكية) (راجع بند ٧) . وأما في الحالة الثانية فالشغل الميكانيكي المبذول يولد طاقة كهربائية (نظرية الديناموات المبينة في الباب الثانى)

مثال ذلك : —

١ — اذا دارت وحدة قطب دورة واحدة حول سلك مار فيه تيار كهربائى شدته \mathcal{H} أمبير فما هو الشغل المبذول

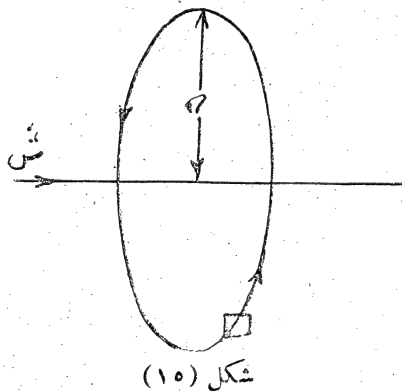
الحل : الشغل المبذول = عدد الخطوط المقطوعة بالسلك أثناء دوران القطب حوله مضروب في شدة التيار بالوحدات المطلقة

وبما أن عدد الخطوط المتشعبة من وحدة القطب = \mathcal{H} ط خطوط (بند ٦) اذاً عدد الخطوط المقطوعة = \mathcal{H} ط خطوط

والشغل المبذول بالوحدات المطلقة = \mathcal{H} ط $\times \frac{1}{2} = \frac{\mathcal{H} \tau}{2}$ أرج

مثال آخر : —

٢ — أوجد قوة التيار المغناطيسية على نقطة تبعد \mathcal{D} سم من سلك مستقيم به تيار كهربائى شدته بالأمبير = \mathcal{H} (شكل ١٥)



شكل (١٥)

الحل : اذا دارت وحدة قطب من هذه النقطة دورة واحدة حول السلك بتأثير القوة المتبادلة بينه وبين مغناطيسية التيار الكهربائى على هذه النقطة

فالشغل المبذول = \mathcal{H} ط \times

$\frac{1}{2} =$ قوة التيار المغناطيسية $\times \mathcal{D}$ ط \mathcal{H}

$$\therefore \text{قوة التيار المغناطيسية} = \frac{٤ ط \times س}{١٠ \times ٥} = \frac{٢ س}{١٠ \times ٥}$$

ملحوظة — نلاحظ من هذا المثل أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تبعد عن سلك مستقيم به تيار كهربائى تتناسب تناسباً عكسياً مع المسافة بين هذه النقطة والسلك وهذا هو المثل الوحيد المخالف لقانون التوزيع العكسى (بند ٢)

مثال آخر : —

٣ — اذا كانت شدة التيار الكهربائى المار فى سلكين ١ و ٢ متوازيين هى ٦ س و ٤ س أمبير فما هى القوة المتبادلة بينهما اذا كانت المسافة بينهما ٥ سنتيمتر

الحل — قوة مغناطيسية التيار ٦ س فى السلك ١ على كل سنتيمتر من طول

$$\text{السلك ١} = \frac{٦ س}{١٠ \times ٥} \quad (\text{نتيجة المسألة السابقة})$$

$$\text{القوة المتبادلة على حسب قانون كولوم} = \frac{٢ س}{١٠ \times ٥} \times ٦ س \text{ لكل سنتيمتر}$$

من طول السلكين أى أن القوة المتبادلة تتناسب مع حاصل ضرب الشدتين تناسباً طردياً ومع المسافة بينهما تناسباً عكسياً

تقرير القوة الدافعة المغناطيسية أو فرق الجهد المغناطيسى الكلى

بند ١٤ — سبق عرّفنا القوة الدافعة المغناطيسية فى بند ٧ الناتجة من قضيب مغناطيسى بأنها عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة قطب شمالى من أول منحني من منحنيات القوة المغناطيسية الى نهايته وهذا التعريف ينطبق تماماً على القوة الدافعة المغناطيسية للمنحنيات

المغناطيسية الناتجة من تيار كهربائي في سلك . غير أن هذه المنحنيات دائرية كما هو معروف أى ليس لها نهاية

فالقوة الدافعة المغناطيسية في هذه الحالة تقاس بالشغل المبذول في تحريك وحدة القطب الشمالى على احدى منحنيات القوة بكامل دورته (شكل ١١)
إذاً يمكننا تقديرها بواسطة القانون المستنتج في بند ١٣ لأن الشغل المبذول عند تحريك وحدة القطب على احدى منحنيات القوة حول سلك به تيار كهربائي عبارة عن عدد الخطوط المقطوعة بالسلك مضروبة في شدة التيار في السلك (وذلك على حسب هذا القانون)

إذا الشغل المبذول في المسألة الثانية من المسائل السابقة والذي قيمته

$$= \epsilon \times \frac{S}{10}$$

هو عبارة عن القوة الدافعة المغناطيسية حول السلك من

النقطة التي تبعد r سنتيمتر عن السلك

الباب الأول

الملفات الكهربائية

الفصل الأول

المغناطيسية الكهربائية

بند ١٥ — ان موضوع المغناطيسية المتولدة من تيار كهربائي حول ملف حلزوني هو من أهم المواضيع التي يجب الامام بها سواء في حقيقتها أو تأثيرها أو تقديرها الماماً تاماً لأنه على هذا الموضوع يتوقف تصميم الآلات الرئيسية كالديناموات والمحركات لذلك آثرت البدء بمقدمة أتعشم أن يكون لها تأثير طيب في تفهم هذا الموضوع الهام

الطاقة ونعتمد صورها

كل جسم من الاجسام سواء كان سائلاً أو غازياً أو صلباً متحركاً أو ساثناً له قدرة محدودة على عمل شغل وهي ما تسمى بطاقة المدخلة فيه فالجسم الصلب الساكن الخالي من المؤثرات الخارجية به طاقة موضعية ناشئة عن قوة جاذبية الارض له بدليل أننا لو خفضنا وضع المستوى الموضوع عليه الجسم تحرك الجسم مع المستوى ويبقى منطبقاً عليه والطاقة لا يمكن أن تخلق أو تمحى من الوجود بل تتغير من صورة الى أخرى تبعاً للشغل المبذول. فمن صورة موضعية الى تحركية الى حرارية الى ضوئية الى كهربائية

فالغازات مثلاً منشأها الصلابة لأن الجسم الصلب عند ما تنتقل اليه الطاقة الحرارية (وذلك بتسخينه) ترتفع درجة حرارته وعند ابتداء الجسم في الانصهار

تثبت درجة حرارته ولا ترتفع رغم وجود المؤثر الحرارى دليل على أن الطاقة الحرارية المستمدة من المؤثر بدأت تنتقل فى الجسم من الصورة الحرارية الى صورة أخرى وتلك الطاقة تسمى بالطاقة التحركية بدليل أننا لو قاومنا تمددها الجسم (ضد انصهاره) فالشغل المبذول ينتقل فى الجسم من صورته التحركية الى صورة حرارية فترتفع درجة حرارته

كذلك بعد أن يتحول الجسم الى سائل ترتفع درجة حرارته الى أن يصل الى درجة التبخر فتثبت درجة حرارته حيث يبدأ السائل فى التبخر وذلك لانتقال الطاقة الحرارية الى طاقة تحركية وهكذا

من هذا نرى أن الغازات بها طاقة لها صورتان صورة تحركية وصورة حرارية وتستخدم هذه الطاقة الكامنة فى بخار الماء فى الآلات البخارية والغازات الأخرى مثل غاز البترول والبنزين فى الآلات ذات الاحتراق الداخلى

الطاقة الكهربائية

بند ١٦ — ليست الطاقة الكهربائية الا صورة من الصور السالفة الذكر فهى كامنة فى المركبات الكيماوية بدليل الجاذبية بين عناصرها وهى كامنة فى معدنين يختلفان فى درجة الحرارة

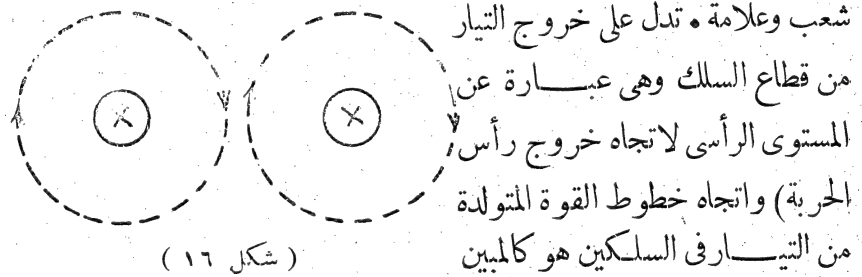
كذلك يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية كتوليد التيار الكهربائى فى الديناموات وبالعكس فى المحركات الكهربائية . والمغناطيسية المتولدة من مرور تيار كهربائى فى سلك أو ملف ما هى الا صورة من صور الطاقة الكهربائية وهى مدخرة حول السلك أو الملف المار فيه التيار . فعند مرور تيار كهربائى فى ملف فحركته فى الملف بمثابة حركة جسم

فكما أن الجسم تدخر فيه طاقة تحركية تتناسب مع سرعته وكتلته أى مع كمية حركته كذلك الملف تدخر حوله طاقة بنسبة شدة التيار والمغناطيسية المتولدة منه

وهذه الطاقة تشبه في تأثيرها ما يدخر من الطاقة في الحداقة التي توضع على محور الآلات الميكانيكية لادخار طاقة تحركية ضد الاحمال الفجائية فأى تأثير يتسبب عنه تغيير في التدفق المغناطيسى المتولد داخل الملف (كتحغير شدة التيار الكهربائى المتولد لهذه الخطوط) يستنفد جزءاً من هذه الطاقة ضد هذا التغير والشغل المبذول الناتج من ذلك ينصرف كحرارة فى الملف (بدليل الشرارة التي تحدث عند قطع التيار الكهربائى)

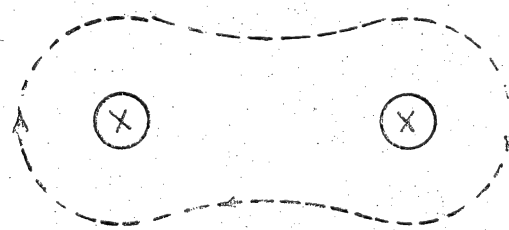
سير الخطوط المغناطيسية فى قلب الملف

بند ١٧ — شكل ١٦ يبين قطاعى سلكين متوازيين يمر فيهما تيار كهربائى فى اتجاه واحد ووجهة التيار داخل القطاعين (وعلامة X تدل على دخول التيار وهى عبارة عن المستوى الرأسى لاتجاه دخول الحربة ذات الأربع



(شكل ١٦)

بالشكل (وذلك بعد تطبيق قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى) فنلاحظ أن خطوط القوة فى الوسط المحصور بين السلكين المتولدة من التيار فى السلك الذى على اليمين مضادة لاتجاه لخطوط القوة المتولدة من التيار فى السلك الذى على يساره فالتجربة أن كلا من خطوط القوتين سيتخذ سيراً لا يتعارض مع الآخر



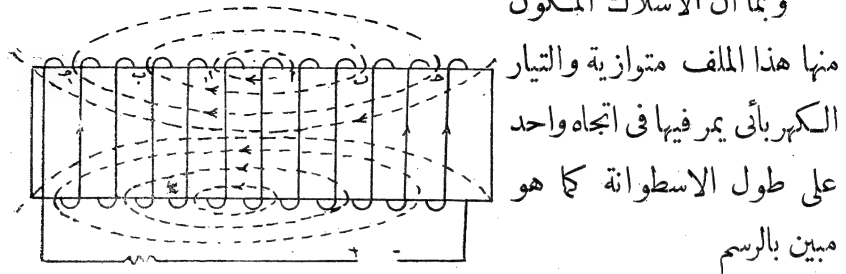
(شكل ١٧)

والشكل ١٧ يبين السير الحقيقى لهذه الخطوط ويمكننا أن نثبت ذلك عملياً بواسطة برادة الحديد

والشكل ١٨ عبارة عن

ملف حلزوني أسلاكه معذولة عن بعضها وملفوفة حول اسطوانة من مادة غير قابلة للغطسة

وبما أن الاسلاك المكون



(شكل ١٨)

إذا لا بد وأن تسير خطوط

القوة المغناطيسية المتولدة من التيار في هذه الاسلاك على حسب سيرها في

شكل ١٧

أى أن كل سلكين متوازيين مثل ١ ٦ ٦ ب ٦ ح ح تحصرهما خطوط

القوة المغناطيسية المتولدة من التيار فيهما بالكيفية المبينة بالرسم السابق يستنتج من ذلك أن قوة التيار المغناطيسية في قلب الملف وهى المعبر عنها بعدد خطوط القوة المغناطيسية المارة بمساحة سنتيمتر مربع متعامد عليها في القلب (بند ٦) تبلغ أقصى ما يمكن في وسط الملف حيث تتراحم خطوط القوة وأقلها على الأطراف

إذا إذا قربنا قطعة من الحديد من أحد سطحي الملف العرضي وكان قلب الملف أجوفاً تنجذب قطعة الحديد بتأثير مغناطيسية التيار الكهربائي وتتحرك الى أن تصل للموضع الذى يمكن فيه للقطعة أن تحصر داخلها أقصى ما يمكن من هذه الخطوط وبديهي أن هذا الموضع هو وسط القلب كما هو ظاهر من الرسم وقد صمم كثير من أجهزة القياس الكهربائية (كالامبير ومترات والفلمترات على هذه النظرية وسميت بالأجهزة ذوات القلب المتحرك نسبة لهذا التأثير

معرفة اتجاه سير خطوط القوة المغناطيسية في قلب الملف الكهربائي

بند ١٨ — لمعرفة اتجاه سير الخطوط المغناطيسية المتولدة في قلب ملف كهربائي نستعمل قانون قبضة اليد اليمنى أو قانون البريمة ولكن على عكس استعماله لمعرفة اتجاه خطوط القوة المتولدة من تيار كهربائي في سلك مستقيم وذلك بأن يمثل اتجاه قبضة اليد أو اتجاه حركة البريمة الدورية سير التيار الكهربائي في الملف فاتجاه امتداد الابهام أو اتجاه حركة البريمة الاتجاهية في القلب يعين اتجاه سير خطوط القوة المغناطيسية في قلب الملف وشكل ١٨ مبين فيه اتجاه التيار واتجاه الخطوط المغناطيسية المستنتجة من أحد هذين القانونين

الفصل الثاني

الكثافة المغناطيسية وقوة التيار المغناطيسية وكيفية تقريرهما

بند ١٩ — الكثافة المغناطيسية في قلب أى ملف كهربائي عبارة عن عدد خطوط القوة المغناطيسية المتولدة في كل سنتيمتر مربع من سطح قطاع الملف العرضي وهو المتعامد على اتجاه خطوط القوة وقد ذكرنا في بند ٦ أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تقاس بعدد خطوط القوة المتولدة على السنتيمتر المربع من مساحة متعامدة على اتجاه الخطوط أى أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تقاس بالكثافة المغناطيسية على هذه النقطة ولكن ذلك مقيد بشرط وهو أن يكون الوسط المار فيه الخطوط المغناطيسية — والذي فيه يراد قياس قوة التيار المغناطيسية — غير قابل للبغطة فالقلب الملفوف عليه الملف الكهربائي المبين بشكل ١٨ يمكن أن تدل الكثافة المغناطيسية على أى نقطة داخله على قوة التيار المغناطيسية اذا كان غير قابل للبغطة كالهواء والخشب والنحاس والزجاج الخ

أما اذا كان نوع القلب الملفوف عليه الملف من الاجسام القابلة للبعطسة مثل جميع أنواع الحديد فالكثافة المغناطيسية لا تدل مطلقاً على قوة التيار المغناطيسية لأنه علاوة على الخطوط المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربائي داخل الملف هناك خطوط قوة أخرى تتولد في الحديد بالتأثير نتيجة قابليته وعلى كل حال يوجد فرق كبير بين قوة التيار المغناطيسية والكثافة المغناطيسية من الوجهة المعنوية

فالأول مسبب للثنائي وفقط يتفقان من الوجهة الحسائية اذا كان الوسط غير قابل للبعطسة

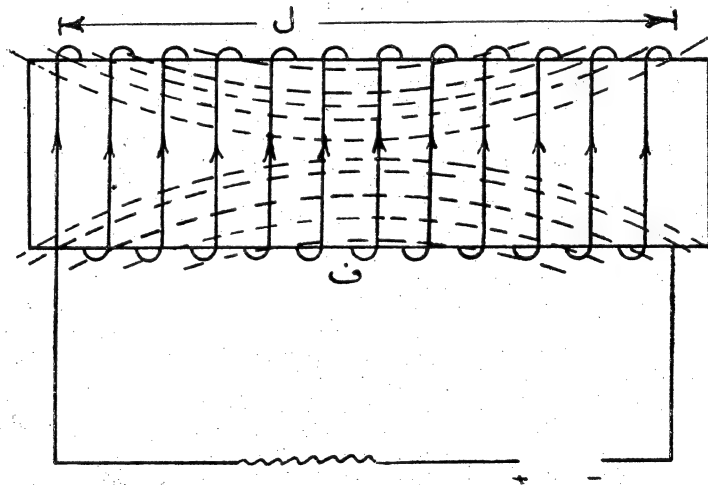
ويسمى الوسط الغير قابل للبعطسة بالوسط الهوائي والقابل للبعطسة بالوسط الحديدي

تقرير قوة التيار المغناطيسية في قلب ملف حلزوني

بند ٢٠ — نفرض أن I = قوة التيار المغناطيسية أى الكثافة المغناطيسية عند ما يكون القلب هوائياً

ف = عدد اللفات المكون منها الملف شكل ١٩

ل ستيومتر = طول الملف



(شكل ١٩)

ولو فرضنا وحدة قطب شمالي موضوعاً على محور الملف فالحقبة يتحرك بتأثير القوة المتبادلة بينه وبين قوة التيار المغناطيسية على منحني القوة الموضوع عليه ولا يحيد عنه (بند ٥)

فالشغل المبذول بتأثير قوة التيار المغناطيسية اذا دار القطب دورة كاملة على منحني القوة عبارة عن عدد الخطوط المقطوعة بالملف أثناء حركة القطب مضروباً في شدة التيار الكهربائي في الملف (بند ١٣) وهو عبارة عن القوة الدافعة المغناطيسية (بند ٧)

وبما أن عدد الخطوط المقطوعة بكل لفة أثناء حركة القطب = ϵ ط خطوط وهي عدد الخطوط المتشعبة من وحدة القطب

اذا عدد الخطوط المقطوعة بجميع اللفات أثناء دوران القطب دورة واحدة على منحني القوة المغناطيسية = ϵ ط ف

واذا فرضنا أن شدة التيار في الملف = s أمبير = $\frac{s}{10}$ بالوحدات المطلقة

اذا الشغل المبذول = ϵ ط $\frac{s}{10}$ ارج = القوة الدافعة المغناطيسية

ولكن الشغل = قوة التيار المغناطيسية \times طول دورة منحني القوة

وبما أن قوة التيار المغناطيسية أو الكثافة المغناطيسية خارج الملف بسيطة جداً وذلك لتشعب الخطوط المغناطيسية في الخارج في جميع الجهات

فالشغل المبذول خارج الملف بسيط جداً يمكن إهماله وعلى ذلك تعتبر المسافة المقطوعة بالقطب طول الملف l سنتيمتر

اذا الشغل المبذول = $\frac{\epsilon s}{10} l$ \times ل

$$\text{إذا كان } \frac{\text{القوة الدافعة المغناطيسية}}{\text{طول الملف}} = \frac{\text{ط س ف}}{10 \times \text{ل}} = \frac{1,207 \text{ س ف}}{\text{ل}}$$

أما إذا كان القلب حديدياً فالكثافة المغناطيسية تزيد أضعافاً عنها في القلب الهوائى ولو فرضنا $n =$ عدد مرات زيادة الكثافة المغناطيسية في الوسط الحديدي عنها في الهوائى وتسمى n بمعامل النفاذ أو القابلية وتساوى حسب التعريف $\frac{\text{ل}}{\text{ل ه}}$ بفرض أن الكثافة المغناطيسية في الوسط الحديدي

$$= \text{ل} = \text{ل ه} \times \frac{1,207 \text{ س ف}}{\text{ل}} = n \times \frac{1,207 \text{ س ف}}{\text{ل}}$$

وإذا فرضنا أن n سنتيمتر مربع = مساحة سطح قطاع الملف العرضى المتعامد على اتجاه خطوط القوة المتولدة في قلب الملف
فعدد الخطوط الكلية المتولدة في قلب الملف ويسمى بالتدفق أو الفيض المغناطيسى (بند ٥)

$$\text{ت} = \frac{1,207 \text{ س ف}}{\text{ل}} \times n = \frac{1,207 \text{ س ف}}{\frac{\text{ل}}{n \times \text{س}}}$$

وتسمى القيمة $\frac{\text{ل}}{\text{س} \times \text{ن}}$ بمقاومة الوسط لمرور الخطوط المغناطيسية فيه

$$\text{أى أن التدفق المغناطيسى ت} = \frac{\text{القوة الدافعة المغناطيسية}}{\text{مقاومة الوسط}}$$

$$\frac{\text{م. س. ف}}{\text{م}} =$$

$$\frac{L}{\psi \times S} = \text{مقاومة الوسط} = \text{فرض أن م}$$

$$\text{إذا } 1,257 \times S \times \psi = \frac{L}{\psi \times S} \times T$$

$$\text{أو } S \times \psi = \frac{T \times L}{1,257 \times \psi \times S} = \frac{T \times L}{\psi \times S} \times 8$$

وبما أن S بالأمبير (لأن العدد 1,257 مأخوذ باعتبار أن S بالأمبير كما هو واضح)

إذا S و يقال لها أمبير لفات

أى أن القوة الدافعة المغناطيسية في الوسط المحيط به الملف تتناسب مع

الأمبير لفات

مثال ذلك



مغناطيس كهربائي مكون من 1000 لفة حول اسطوانة مجوفة من النحاس طولها 20,5 سنتيمتر وقطرها الداخلى 10 سنتيمتر فإذا كان عمق اللفات 2,5 سنتيم وشدة التيار المار فيها 1 أمبير فالمطلوب إيجاد (١) القوة الدافعة المغناطيسية في قلب الملف (٢) قوة التيار المغناطيسية في القلب (٣) التدفق المغناطيسى في وسط قلب الملف

الحل :-

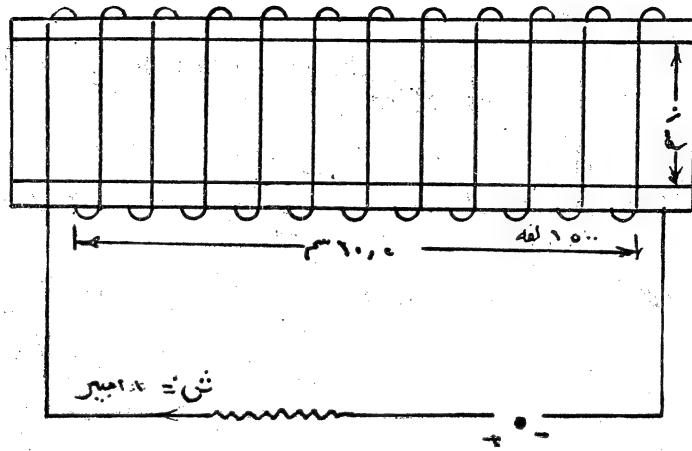
القوة الدافعة المغناطيسية = 1,257 S و

$$= 1,357 \times 1 \times 1000 = 1357 \text{ أرج}$$

$$\text{قوة التيار المغناطيسية} = \frac{M.S.\psi}{L} = \frac{1357,5}{20,5} = 92 \text{ دايين} = 92 \text{ كه}$$

وبما أن الوسط الملفوف عليه الملف وسط هوائى

إذا $l = l_h$ أى أن الكثافة المغناطيسية تساوى في التقدير قوة التيار المغناطيسية



(شكل ٢٠)

إذا $l = 92$ خط قوة لكل سنتيمتر مربع من سطح القطاع العرضي التدفق المغناطيسي في الوسط = الكثافة المغناطيسية \times متوسط مساحة المقطع

متوسط قطر الاسطوانة (بما فيه سمك اللفات)

$$\frac{\text{القطر الداخلى} + \text{القطر الخارجى}}{2} = \frac{10 + 10}{2} = 12,5 \text{ سنتيمتر}$$

$$\text{إذا متوسط مساحة المقطع} = \frac{22}{7} \times \frac{12,5^2}{4} = 126 \text{ سنتيمتر مربع}$$

$$\text{إذا التدفق المغناطيسى في وسط القلب} = 126 \times 92 = 11592 \text{ خط}$$

تأثير الاجسام القابلة للمغنطة على قوة التيار المغناطيسية

بند ٢١ — شكل ٢١ عبارة عن مغناطيس كهربائى ملفوفة لفاته حول وسط هوائى

فقدرة التيار المغناطيسية في قلب الملف = $\frac{1,207 \text{ س ف}}{ل}$ (بند ٢٠)

ولكن اذا وضعنا ساقاً من الحديد في قلب الملف كالمبين بالشكل تمغطس هذا

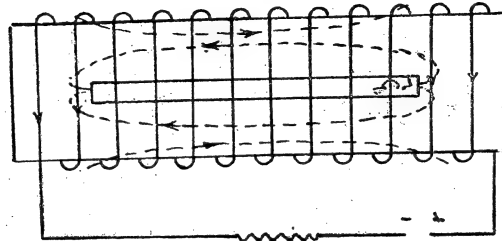
الساق بتأثير مغناطيسية

التيار الكهربائي

واذا كان سمك

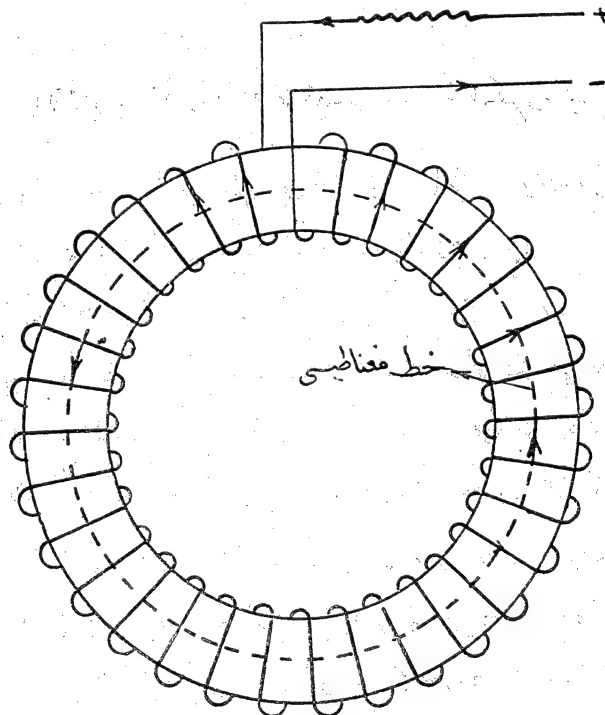
الساق أقل من سطح قطاع

الملف وطبقنا احدي



(شكل ٢١)

القوانين المذكورة في بند ١٨ لمعرفة اتجاه سير الخطوط المغناطيسية نجد أن الخطوط المغناطيسية الخارجة من القطب الشمالي للساق الحديد تعادس في أثناء



(شكل ٢٢)

سيرها (الى أن تنتهى بالقطب الجنوبي) خطوط القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى

أى أن قوة التيار المغناطيسية تضعف بوجود الساق الحديد عن قيمتها الأصلية . من ذلك نرى أنه اذا أريد معرفة العلاقة بين الكشافة المغناطيسية فى الساق الحديد وقوة التيار المغناطيسية المسببة لها فلا يمكن أن تكون التجربة مضبوطة اذا اتبع فى عمل التجربة (شكل ٢١) الا اذا كان سمك الساق الحديد مساوياً تقريباً لسطح قطاع الملف فى هذه الحالة لا يحصل أى تأثير على قوة التيار المغناطيسية لأن خطوط القوة للساق الحديد تسير خارج الملف فى اتجاه واحد مع خطوط القوة الناشئة عن قوة التيار المغناطيسية

كذلك اذا كان الملف حلقياً فقوة التيار المغناطيسية لا تتأثر بنوع الوسط الملفوف عليه الملف لخلوه من الاقطاب (شكل ٢٢)

الفصل بين الدوائر المغناطيسية والدوائر الكهربائية

بند ٢٢ — يوجد تشابه كبير بين الدوائر المغناطيسية والدوائر الكهربائية ذات التيار الموحد الاتجاه من حيث تطبيق قانون أوم المعروف

أى أن العلاقة بين الضغط الكهربائى (أو فرق الجهد) بين طرفى سلك يمر فيه تيار كهربائى ومقاومة هذا السلك وشدة التيار الكهربائى هى نفس العلاقة بين فرق الجهد المغناطيسى بين نقطتين على منحنيات القوة المغناطيسية فى وسط مغناطيس كهربائى ومقاومة هذا الوسط المحصور بين النقطتين والتدقق المغناطيسى

والجدول الآتى يبين هذا التشابه بفرض أن م = مقاومة موصل ل = طول الموصل ع = المقاومة النوعية للموصل س = سطح قطاع الموصل ه = شدة التيار الكهربائى فى الموصل ص = الضغط المنصرف فى المقاومة م

الدائرة المغناطيسية		الدائرة الكهربائية
م . س . و	يقابل لها	و . س . ا . ج أو الضغط ص
$م = \frac{ل}{س} \times \frac{١}{و} \text{ (بند ٢٠)}$	» »	$م = \frac{ل}{س} \times ع$
$ت = \frac{١,٢٥٧ س ف}{\frac{ل}{و} \times \frac{١}{و}}$	» »	$س = \frac{ص}{ع \times \frac{ل}{و}}$
	» »	المقاومة النوعية ع

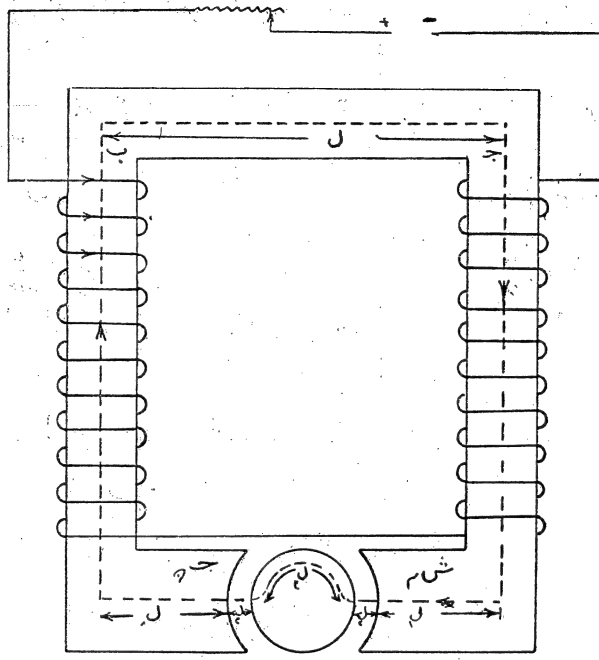
والفرق الوحيد هو أن الطاقة المتولدة في الدوائر المغناطيسية مدخرة ولا يمكن أن تتحول إلى صورة أخرى إلا إذا حصل تغيير في التدفق المغناطيسي (كما هو مبين في الفصل الثالث من هذا الباب)

أما في الدوائر الكهربائية فالطاقة المتولدة تتحول إلى صور مختلفة طبقاً للشغل المعمول في الدائرة ففي المصاييح الكهربائية تتحول الطاقة الكهربائية إلى صورة ضوئية وحرارية وفي المحركات تتحول إلى طاقة ميكانيكية وهلم جرا والشكلان المرسومان (شكل ٢٣ و ٢٤) يبينان عملياً مقدار التشابه بينهما فالأول عبارة عن مغناطيس كهربائي مكوّن من القطبين س م و ح و حامل القطبين . وموضوع بين القطبين اسطوانة من الحديد . فإذا فرضنا أن التيار الكهربائي س أمبير يمر بالملف في الاتجاه المبين

فاتجاه خطوط القوة المغناطيسية المتولدة هو كالمبين

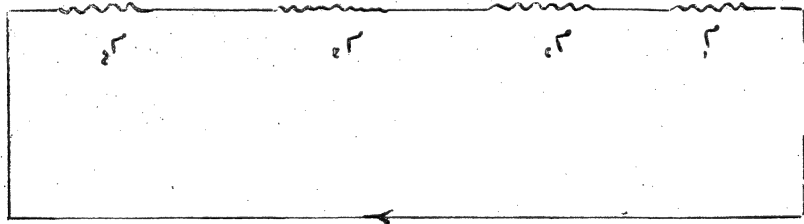
ولوفرنا جزءاً من متوسط طول حامل القطبين المار فيه خطوط القوة = ل ستم و سطح قطاعة = س ستم^٢ ومعامل نفاذ الحديد المكون منه = و ومتوسط الطول في القطبين = ٢ ل (باعتبار أن ل طول كل منهما)

وسطح قطاع كل منهما = s سنتيمتر^٢ ومعامل النفاذ لمعدنها = μ
(باعتبار أن معدنها مخالف لمعدن حاملها)



شكل (٢٣)

وأن الشغرة الهوائية بين الاسطوانة ووجه القطب طولها = $ل$
وأن طول الاسطوانة المار فيه الخطوط المغناطيسية = $ل$
ومعامل النفاذ لمعدنها = μ و s = سطح القطاع = s سنتيمتر^٢



شكل (٢٤)

فالامبير لفات s و اللازمة لمرور التدفق المغناطيسي ت المطلوب في

الطول $ل$ من حامل القطبين $= ت \times \frac{ل}{س \times ١} \times ٨$ (بند ٢٢)

والامبير لفات $س$ في اللازمة لمرور التدفق في وسط القطبين

$$= ت \times \frac{ل٢}{س \times ١} \times ٨$$

والامبير لفات $س٢$ في اللازمة لمرور التدفق في وسط الشجرة الهوائية

$$= ت \times \frac{ل٢}{س \times ١} \times ٨$$

(لان معامل نفاذ الهواء $= ١$ وكذلك مفروض أن

سطح قطاع الشجرة $= س$)

والامبير لفات $س٢$ في اللازمة لمرور التدفق في وسط الاسطوانة

$$= ت \times \frac{ل٢}{س \times ١} \times ٨$$

الشكل المبين

إذا الامبير لفات الكليسة اللازمة لمرور التدفق المغناطيسي لجميع الاوساط
ضد مقاومات جميع الاوساط المكونة للمغناطيس الكهربائي = مجموع الامبير
لفات المقدرة

$$= ت \times ٨ \left(\frac{ل٢}{س \times ١} + \frac{ل٢}{س \times ١} + \frac{ل٢}{س \times ١} \right)$$

والشكل الثاني عبارة عن دائرة كهربائية بها أربعة مقاومات $م١, م٢, م٣, م٤$

$م٤$ متصلة بالتوالي

فلو فرضنا أن $س$ أمبير = شدة التيار المارة في الدائرة

فالضغط اللازم لمرور التيار الكهربائي $س$ ضد المقاومة $م١ = س \times م١$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائي $س$ ضد المقاومة $م٢ = س \times م٢$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائي $س$ ضد المقاومة $م٣ = س \times م٣$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائي S ضد المقاومة $M = S$ م.
إذا الضغط الكلي اللازم لمرور التيار الكهربائي ضد جميع المقاومات في

$$الدائرة = S = (M_1 + M_2 + M_3 + M_4)$$

فهذان المثالان المغناطيسى والكهربائى يبينان بكل وضوح مقدار التشابه بين

الاثنتين

ملحوظة — اذا كان سطح القطاع ثابتاً في جميع أجزاء المغناطيس

الكهربائى في المثل السابق شكل ٣٣ فالكثافة المغناطيسية $\frac{T}{S}$ تكون ثابتة في

جميع الاجزاء

$$\text{وعلى ذلك الامبير لفات الكلية} = L \left(\frac{L_1}{S_1} + \frac{L_2}{S_2} + \frac{L_3}{S_3} + \frac{L_4}{S_4} \right)$$

أمثلة محلولة

(١) حلقة من الحديد المسبوك سطح قطاعها ٤ سم^٢ ومتوسط محيطها

٢٠ سم فما هي الامبير لفات اللازمة لتوليد تدفق مغناطيسى قيمته ٣٢٠٠٠

خط مع العلم أن معامل النفاذ أو القابلية للحديد المسبوك = ١٠٠

$$S \times F = T = \frac{L}{S \times \mu} \times 32000 = 20 \times \frac{1}{100 \times 4} \times 32000$$

$$= 1280 \text{ أمبير لفات}$$

التي ت
سائل
التي
التي
سائل
التي

(٢) في المثل السابق ما هي الامبير لفات اللازم اضافتها اذا عملنا (بواسطة

منشار) ثغرة هوائية في الحلقة طولها $\frac{1}{4}$ سم

$$S \times F \text{ في الثغرة الهوائية} = 32000 = 20 \times \frac{1}{1 \times 4} \times 32000$$

من هذا المثل يتضح لنا أن وجود ثغرة هوائية في الحلقة معناه زيادة مقاومة

الوسط وعلى ذلك يلزم زيادة الامبير لفات اللازمة لمرور التدفق المغناطيسي
(٣٢٠٠٠ خط) بمقدار ٣٢٠٠ أمبير لفه

أى أن الامبير لفات الكلية اللازمة مع وجود الثغرة = ٣٢٠٠ +
١٢٨٠ = ٤٤٨٠ أمبير لفه . لذلك من الاقتصاد أن تكون الثغرة الهوائية في
الدوائر المغناطيسية قصيرة ما أمكن

(٣) حلقة من الحديد مساحة مقطعها ٣ سم^٢ ومتوسط محيطها ٥٠ سم
وعدد اللفات الملفوفة حولها ١٠٠ لفه من السلك المعذول فاذا كانت شدة التيار
الكهربائى اللازم لتوليد تدفق مغناطيسى فى قلب الملف قيمته ٤٠٠٠٠ خط
هى ٨ أمبير فما هو معامل نفاذ الحديد المصنوع منه الحلقة

$$\frac{1,257 \times 8 \times 100 \times 3 \times 50}{L} = \text{التدفق } T$$

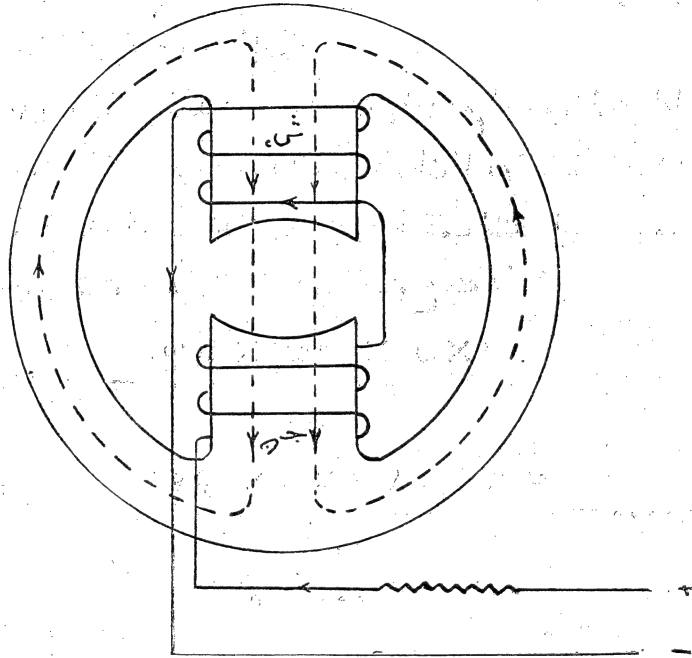
$$40000 = \frac{1,257 \times 8 \times 100 \times 3 \times 50}{50}$$

$$660 = \frac{1,257 \times 8 \times 100 \times 3}{50} = \mu$$

(٤) الشكل ٢٥ المرسوم عبارة عن عضو توليد دينامو وهو مكوّن من
قطبين سطح قطاع كل منهما ٤٠٠ سنتيمتر^٢ ومتوسط طول كل منهما ٨ سنتيمتر
وحامل للقطبين متوسط طوله ٤٠ سنتيمتر ووسط قطاعه ٨٠ سنتيمتر^٢
والمطلوب إيجاد الامبير لفات اللازمة لتوليد تدفق مغناطيسى قيمته فى كل
قطب ٢,٢٤ × ٦١٠ خطا (أو ٢,٢٤ ميغا خط لان ميغا معناها مليون) ضد
مقاومة القطبين وحاملهما . على فرض أن الحديد المستعمل فى عمل القطبين
وحاملهما هو الحديد المسبوك وأن معامل النفاذ للحديد المسبوك = ٦٠٠
الحل : بما أن كثافة التدفق المغناطيسى فى كل قطب ضعفه فى حامل القطبين
كما هو واضح من الشكل (٢٥)

$$\text{إذا التدفق اللازم في الحامل} = \frac{710 \times 2,24}{2} = 710 \times 1,12 \text{ خط}$$

إذا الأمبير لفات اللازمة لهذا التدفق في الحامل



(شكل ٢٥)

$$= \frac{710 \times 1,12 \times 40 \text{ سنتيمتر} \times 8}{80 \text{ سنتيمتر}^2 \times 6000} = 75 \text{ أمبير لفات (بند ٢٠)}$$

$$\frac{710 \times 2,24 \times 8 \text{ سنتيمتر} \times 8}{400 \text{ سنتيمتر}^2 \times 6000} = \text{الأمبير لفات اللازمة لكل قطب}$$

$$= 6 \text{ أمبير لفات تقريباً وفي القطبين} = 2 \times 6 = 12 \text{ أمبير لفات}$$

$$\text{إذا الأمبير لفات الكلية} = 12 + 75 = 87 \text{ أمبير لفة}$$

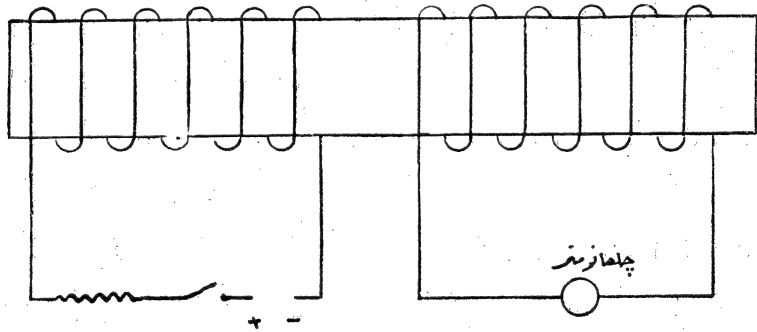
الفصل الثالث

التيارات الكهربائية المستنتجة

تجارب فرداي

بند ٢٣ - في سنة ١٨٣١ عمل فرداي العالم الانجليزي التجارب الآتية (١) أتى بحلقة من الحديد ولف عليها موصلين كهربائيين معزولين الواحد فوق الآخر ثم وصل طرفي أحدهما بجلفانومتر وطرفي الآخر بنبوع كهربائي فوجد أن أبرة الجلفانومتر انحرفت بمجرد توصيل التيار الكهربائي في الملف الآخر مما دله على أن تياراً كهربائياً قد سرى في الملف الموصل للجلفانومتر ولكن انحراف ابرة الجلفانومتر كان وقتياً لأن الابرة رجعت الى صفر التدريج مع أن التيار الكهربائي المستمد من النبوع لم ينقطع وعند قطع التيار الكهربائي من النبوع لاحظ أيضاً أن الابرة انحرفت وقتياً كما كانت في حالة وصل التيار الكهربائي ولكن الانحراف في هذه المرة بعكس الانحراف في المرة الاولى

(٢) أتى باسطوانة من الخشب ولف عليها موصلين كهربائيين معزولين ولكن لف الموصلين في هذه المرة كان على استقامة واحدة (شكل ٢٦) فوجد



شكل (٢٦)

أن التأثير الذي حصل على ابرة الجلفانومتر الموصل بطرفي أحدهما عند وصل أو قطع التيار الكهربائي الموصل بطرفي الملف الآخر هو تماماً كالتأثير الحاصل في التجربة السابقة.

(٣) لاحظ فرداي أيضاً أنه عند دفع ساق ممغطس داخل ملف موصل طرفاه بجلفانومتر أن البرة انحرفت وقتياً وكذلك عند سحبه خارج الملف ولكن انحرافها في الحالة الثانية عكس انحرافها في الحالة الأولى

(٤) كذلك لاحظ أن ابرة الجلفانومتر الموصل طرفاه لموصل كهربائي مستقيم انحرفت وقتياً عند دفع الموصل بين قطبي مغناطيس في اتجاه متعامد على خطوط القوة المغناطيسية

وان هذا الانحراف يكون أكبر ما يمكن اذا كان طول الموصل عمودياً على اتجاه الخطوط وصغراً اذا كان موازياً لها

نستنتج من التجارب السابقة القانون الآتي

اذا وضع موصل في ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله على اتجاه الخطوط واذا حصل تغيير في عددها اما بتحريك الموصل في اتجاه متعامد عليها أو بتغيير قوة التدفق المغناطيسي تولدت في الموصل قوة دافعة كهربائية وقتية وتسمى التيارات المتولدة من هذا التأثير بالتيارات المستنتجة

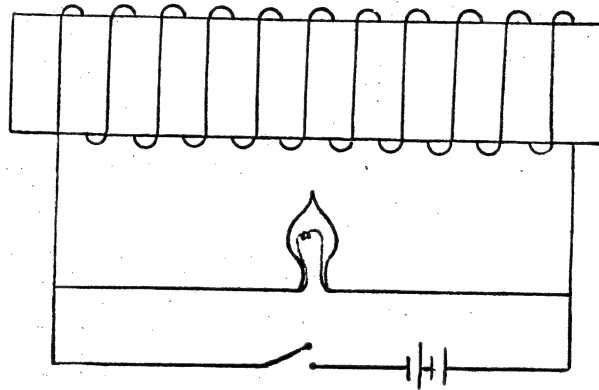
ويمكن تعريفها في الملفات الكهربائية حسب تجارب فرداي السابقة بأنها عبارة عن التيارات المتولدة في اللفات نتيجة حصول تغيير في التدفق المغناطيسي داخل الملف بسبب تغيير في شدة التيار الكهربائي المولد لهذا التدفق سواء كان هذا التيار في نفس الملف أو في غيره

فان كان الأول فالتيارات المستنتجة تسمى بالتيارات المستنتجة النفسية وان كان الثاني بالتيارات المستنتجة المتبادلة

ففي تجربة فرداي الأولى والثانية تولد التيار المستنتج في الملف الموصل طرفاه بجلفانومتر وذلك عند قطع أو وصل التيار الكهربائي الموصل من ينبوع كهربائي في الملف الثاني

إذا يسمى التيار المستنتج في التجريبتين السابقتين بالتيار المستنتج المتبادل ويمكننا معرفة التأثير الحاصل في الملف الموصل لينبوع كهربائي عند قطع أو وصل التيار فيه بالتجربة الآتية المبينة (بشكل ٢٧)

وهو عبارة عن مغناطيس كهربائي مكون من ملف من سلك معزول وملفوف حول قلب من الحديد المطاوع وموصل طرفاه ببطارية ومفتاح توصيل



(شكل ٢٧)

وموصل بالتوازي مع المغناطيس الكهربائي مصباح كهربائي . فنلاحظ أنه وإن كان الضغط الكهربائي للبطارية أقل بكثير من الضغط اللازم لإضاءة المصباح إلا أنه عند قطع أو وصل دائرة الملف بالبطارية يضيء المصباح وقتياً مما يدل على أنه تتولد قوة دافعة ناتجة عن الاستنتاج النفسى في الملف وهذه القوة الدافعة المتولدة كافية لإضاءة المصباح (خصوصاً إذا كان عدد اللفات كبيراً)

تقدير القوة الدافعة المستنتجة

بند ٢٤ — يمكننا تقدير القوة الدافعة المستنتجة وذلك بتطبيق الجزء الأخير من القانون المستنتج في بند ١٣ وهو :

كذلك لو تغير عدد خطوط قوة الساحة بدلاً من حركة السلك بحيث أنها تقطع أثناء تغييرها السلك بالشروط السابقة فالشغل المبذول عبارة عن عدد الخطوط المتغيرة مضروباً في شدة التيار في السلك

فعند قطع التيار الكهربائي في دائرة الملف فالتدفق المغناطيسي في قلب الملف المتولد من هذا التيار سيتلاشى كله أو جزء منه (تبعاً لنوع القلب الملفوف عليه الملف)

فالجزء المتلاشى من الخطوط المغناطيسية سيقطع أثناء تلاشيه أسلاك اللفات في اتجاه متعاود عليها وعلى ذلك ينطبق عليه القانون السابق فلو فرضنا $T =$ التدفق المغناطيسي في الملف الحلقى (شكل ٢٢)
 $\phi =$ عدد اللفات المكون منها الملف

ϕ_s أمبير = شدة التيار في الملف من ينبوع كهربائي = $\frac{S}{10}$ بالوحدات

المطلقة . ولو فرضنا أن جميع الخطوط تلاشت عند قطع التيار الكهربائي أي هبطت قيمتها من T الى صفر
 فعدد الخطوط المقطوعة بكل لفة من اللفات = T

إذا الشغل المبذول بخطوط القوة المقطوعة بكل لفة = $T \times \frac{S}{10}$

وبجميع اللفات = $\frac{T \times S \times \phi}{10}$ ارج

وهذا الشغل المبذول هو عبارة عن الطاقة المدخرة داخل الملف (بند ٢٢) والذي تغير الى صورة كهربائية في الملف ضد أي تغيير في شدة التيار

وبما أن القدرة المستنتجة = $\frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الزمن}}$

فلو فرضنا أن الزمن اللازم لقطع الدائرة كان Z ثواني

فالقدرة المستنتجة = $\frac{T \times S \times \phi}{10 \times Z}$ ارج = القوة الدافعة المستنتجة

مضروبة في شدة التيار المستنتج = $\mathcal{M} \times \mathcal{S} \times ٧١٠$ ارج بفرض أن
 \mathcal{M} = القوة الدافعة المستنتجة وهي المتولدة لدفع التيار الكهربائي \mathcal{S} في
 الملف رغماً عن قطعه من الينبوع

وبما أن \mathcal{M} بالفلت \mathcal{S} بالامبير

∴ $\mathcal{M} \mathcal{S}$ بالوات ولتحويلها الى الوحدات المطلقة نضرب في ٧١٠ كما

هو مبين

$$\text{إذا الفلت المتولد } \mathcal{M} = \frac{\text{ت} \times \text{ف}}{\mathcal{S} \times ٧١٠} = \text{عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة}$$

بالملف في الثانية الواحدة

$$\text{ولكن ت} = \frac{١,٢٥٧ \times \mathcal{S} \text{ ف}}{\mathcal{S} \times \mathcal{U}} \quad (\text{بند } ٢٠)$$

$$\therefore \mathcal{M} = \frac{\mathcal{S}}{\mathcal{S} \times ٧١٠} \times \frac{١,٢٥٧ \times \mathcal{F}^2}{\mathcal{S} \times \mathcal{U}}$$

وعلى وجه العموم إذا فرضنا أن التيار تغيرت شدته من \mathcal{S} الى \mathcal{S}_1 في
 الملف وهذا التغير حصل في \mathcal{Z} ثواني فمقدار التغير في شدة التيار في الثانية

$$= \frac{\mathcal{S} - \mathcal{S}_1}{\mathcal{Z}} \quad \text{فلو فرضنا أن التدفق المغناطيسي يتناسب مع البناء الكهربائي}$$

$$\text{فالقوة الدافعة المستنتجة } \mathcal{M} = \frac{١,٢٥٧ \times \mathcal{F}^2}{\mathcal{S} \times \mathcal{U}} \times \frac{\mathcal{S} - \mathcal{S}_1}{\mathcal{Z}}$$

$$\text{وتسمى النتيجة} \quad \frac{١,٢٥٧ \times \mathcal{F}^2}{\mathcal{S} \times \mathcal{U}} \quad \text{بمعامل الاستنتاج النفسى للملف ويرمز له}$$

بحرف \mathcal{C} والوحدة المأخوذة تسمى هنرى

$$\text{وبما أن هذه النتيجة} = \frac{1,257 \times \text{ف}}{\frac{1}{10 \times 10^{-8}}} \times \text{ف} \times 10^{-8}$$

إذا يمكن تعريف معامل الاستنتاج النفسى بأنه عبارة عن التدفق المغناطيسى المتولد داخل كل لفه عند ما يمر واحد أمبير فى جميع اللفات \times عدد اللفات $10^{-8} \times$

مثال ذلك

(١) إذا كان عدد لفات قطبى عضو توليد دينامو ٣٠٠٠ لفه والتدفق المغناطيسى المتولد من مرور تيار كهربائى شدته ٢ أمبير فى اللفات هو 4×10^{-6} خطوط فى القطبين

فاذا فرضنا أن هذا التدفق المتولد يتناسب مع شدة التيار فالمطلوب تقدير معامل الاستنتاج النفسى وكذلك القوة الدافعة المستنتجة فى اللفات اذا قطعنا التيار الكهربائى فى ٠.١ ثانية

الحل : —

$$\text{ع} = \frac{\text{التدفق المتولد داخل كل لفه اذا كانت الشدة ١ أمبير} \times \text{عدد اللفات}}{10^{-8}}$$

التدفق المغناطيسى المتولد داخل كل لفه اذا كانت الشدة ١ أمبير

$$= \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \text{ أمبير}}$$

$$\therefore \text{ع} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2} \times 3000 \times 10^{-8} = 60 \text{ هنرى}$$

$$\text{القوة الدافعة المستنتجة} = \text{ع} \times \frac{1}{10} = \frac{2}{0.1} \times 60 = 12000 \text{ ثلث}$$

من هذا المثل يتضح لنا أن الفلت المستنتج أى الناتج عن قطع دائرة عضو

التوليد فجأة يصل الى قيمة عالية جداً بالنسبة للفلت المغذى للفت عضو التوليد
اذ لو فرضنا أن مقاومة هذه اللفات ١٠٠^٣ فالفلت المغذى = ١٠٠^٣ × ٢ أمبير
= ٢٠٠ فلت أى أن الفلت المستنتج في هذه الحالة زاد ٦٠ مرة عن الفلت
المغذى .

(٢) المطلوب ايجاد معامل النفاذ (أو القابلية) للحديد المكوّن منه حلقة
مساحة مقطعها ١٠ سنتم^٢ ومتوسط محيطها ١٠٠ سنتم اذا تولد فيها تدفق
مغناطيسى قيمته ٢ × ٦١٠ خطوط بواسطة ٦٠٠ لفه حول الحلقة تحمل تياراً
كهربائياً شدته ٢ أمبير واذا قطعنا دائرة الملف الكهربائية في ٠,٢ ثانية فما هي
القوة الدافعة المستنتجة

١٣ = عدد سرعات زيادة اللسان المغناطيسى في الدارة المغيرة

الحل : —

$$\frac{1,257 \times 10^3 \times 2}{\frac{1}{10 \times 600}} = \text{التدفق المغناطيسى ت}$$

$$= \frac{1,257 \times 2 \times 10 \times 600 \times 10}{100} = 1,257 \times 2 \times 10 \times 600 \times 10$$

$$\text{إذا } 10 = \frac{1,257 \times 2 \times 10 \times 600 \times 10}{10 \times 600 \times 2 \times 1,257} = 1,333 \text{ تقريباً}$$

$$\text{معامل الاستنتاج النفسى ع} = \frac{1,257 \times 2 \times 10 \times 600 \times 10}{2 \times 10 \times 600 \times 1,257} = 6,4 \text{ هنرى}$$

$$\text{القوة الدافعة المستنتجة} = 6,4 \times \frac{2}{0,2} = 60 \text{ فلت}$$

حل آخر للجزء الاول من المسألة

$$\frac{1,257 \times 3 \text{ و}}{ل} = \text{قوة التيار المغناطيسية لـ}$$

$$10 = \frac{600 \times 2 \times 1,257}{100} =$$

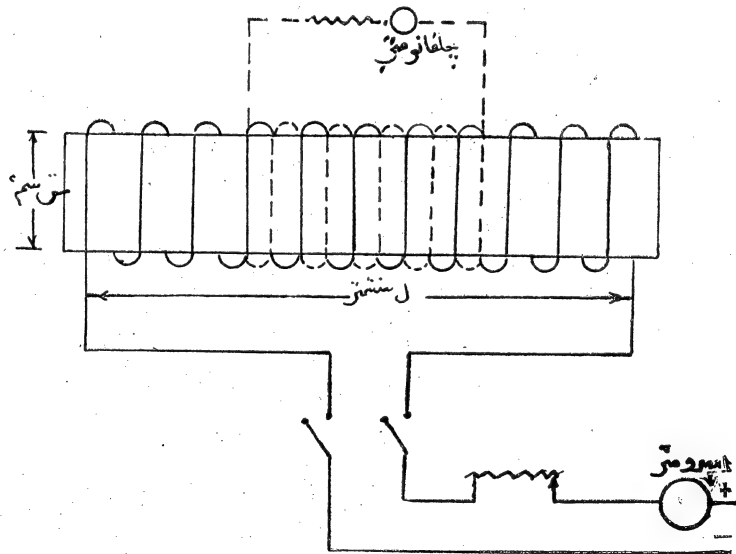
$$\frac{10 \times 2}{10 \text{ ستم}} = \frac{2}{س} = \text{الكثافة المغناطيسية في القلب الحديد للحلقة لـ}$$

$$= 20000 \text{ خط لكل سنتيمتر مربع}$$

$$\text{ولكن معامل النفاذ لـ} = \frac{20000}{10} = (20 \text{ بند}) \approx 1333 \text{ تقريبا}$$

الاستنتاج المتبادل

بند ٢٥ - شكل ٢٨ عبارة عن ملفين احدهما متصل بينوع كهربائي ومفتاح توصيله ومقاومة منظمة وأمپيرومتر ويسمى بالملف الابتدائي.



(شكل ٢٨)

SR3

SR3

SR3

والثاني — وهو الملفوف حول الملف الاول كما هو مبين — متصل طرفاه
بجلفانومتر ومقاومة ويسمى بالملف الثانوى

فاذا قطعنا التيار الكهربائى فجأة فى الملف الابتدائى بواسطة مفتاح التوصيلة
نحطوط القوة المغناطيسية المتولدة من هذا التيار قبل قطعه فى قلب الملفين
ستتلاشى على أثر قطع دائرة الملف الابتدائى (أو يتلاشى جزء منها تبعاً لنوع
القلب الملفوف عليه الملفان) وستقطع أثناء تلاشيها كل لفة من اللفات الثانوية
علاوة على قطعها لللفات الابتدائية

إذا لا بد وأن تتولد قوة دافعة مستنتجة فى الملف الثانوى كما هو الحال فى
الملف الابتدائى وتساوى بالوحدات المطلقة عدد الخطوط المقطوعة باللفات الثانوية
فى الثانية الواحدة

فلو فرضنا $t =$ التدفق المغناطيسى المتولد من س أمبير فى الملف الابتدائى
وان $f =$ عدد اللفات الابتدائية

$\phi =$ عدد اللفات الثانوية

$\phi =$ القوة الدافعة المستنتجة فى الملف الثانوى بالفلت اذا كان

الزمن اللازم لقطع دائرة الملف الابتدائى $= z$ ثوانى

ولو فرضنا أن التدفق المغناطيسى يتناسب مع شدة التيار المولد له

نحطوط القوة المغناطيسية القاطعة لللفات الثانوية عند قطع التيار س أمبير

من الملف الابتدائى $= t \times f$

وبما أن زمن القطع $= z$ ثوانى

إذا القوة الدافعة المستنتجة فى الملف الثانوى $\phi = \frac{t \times f}{z}$ فلت

وتسمى بالقوة الدافعة المستنتجة المتبادلة

ولكن $t = \frac{1,257 \times s \times f}{z \times s}$ (بند ٢٠)

$$\text{إذا } \mathcal{V}_1 = \frac{1,207 \times \mathcal{F}}{10 \times \frac{\mathcal{L}}{\mathcal{C} \times \mathcal{S}}} \times \mathcal{F}_1 \times \frac{\mathcal{S}}{\mathcal{Z}}$$

ولو فرضنا أن التيار الكهربائي قطع جزء منه بدلا من قطعه كلية (وذلك بواسطة المقاومة المنظمة المبينة) بحيث أن الجزء الباقي منه = \mathcal{S}_1 وذلك في ز ثواني

فالقوة الدافعة المستنتجة المتبادلة \mathcal{V}_1

$$= \frac{1,207 \times \mathcal{F}}{10 \times \frac{\mathcal{L}}{\mathcal{C} \times \mathcal{S}}} \times \mathcal{F}_1 \times \frac{\mathcal{S} - \mathcal{S}_1}{\mathcal{Z}}$$

وتسمى النتيجة $\mathcal{F} \times \frac{1,207}{10 \times \frac{\mathcal{L}}{\mathcal{C} \times \mathcal{S}}}$ بمعامل الاستنتاج المتبادل ويرمز

له بحرف ع م ووحدته هي الهنرى

ويمكن تعريفه بأنه عبارة عن عدد الخطوط المغناطيسية المتولدة داخل كل لفة من اللفات الثانوية عند ما تكون شدة التيار في الملف الابتدائي واحد أمبير \times عدد اللفات الثانوية 10^{-8}

$$\text{إذا } \mathcal{V}_1 = \mathcal{E}_\mathcal{M} \times \frac{\mathcal{S} - \mathcal{S}_1}{\mathcal{Z}}$$

ولو فرضنا أن م = مقاومة اللفات الثانوية والجلفانومتر وأى مقاومة في نفس الدائرة الثانوية

$$\text{فشدة التيار المستنتجة المتبادلة} = \mathcal{E}_\mathcal{M} \times \frac{\mathcal{S} - \mathcal{S}_1}{\mathcal{Z} \times \mathcal{M}} \text{ أمبير}$$

وبما أن كمية التيار الكهربائي = الأمبير \times الزمن بالثواني

$$\text{إذا كمية التيار المستنتجة المتبادلة} = \text{ع}_\text{م} \times \frac{\text{س} - \text{س}_1}{\text{ز} \times \text{م}} \times \text{ز}$$

$$= \text{ع}_\text{م} \times \frac{\text{س} - \text{س}_1}{\text{م}} \text{كولوم}$$

وبما أن انحراف ابرة الجلفانومتر في الملف الثانوى نتيجة الاستنتاج المتبادل يتوقف على شدة التيار المستنتجة وكذلك على الزمن الذى تلاشت فيه خطوط القوة أى على شدة التيار المتبادل \times الزمن المستنتج فيه التيار إذا يتوقف انحراف ابرة الجلفانومتر على كمية التيار المستنتجة مثال ذلك : —

إذا لففنا ملفاً ثانوياً من سلك معذول حول قطبي عضو التوليد (بحيث أن الملف فى اتجاه واحد) فى المسألة الاولى من المسألتين السابقتين (بند ٢٤) وكذلك حول الحلقة الحديد فى المسألة الثانية وكان عدد اللفات فى الاولى ١٠٠ لفة وفى الثانية ٢٠٠ لفة

فالمطلوب معرفة النتائج الآتية فى كل منهما

(١) معامل الاستنتاج المتبادل

(٢) القوة الدافعة المستنتجة المتبادلة

(٣) شدة التيار المستنتجة فى كل من الملفين الثانويين إذا كانت مقاومة

دائرة الملف الثانوى لكل منهما ١٠٠^٣

(٥) كمية التيار المستنتجة المتبادلة

الحل : —

المسألة الاولى

$$(١) \text{معامل الاستنتاج المتبادل} = \text{ع}_\text{م} = \frac{٦١٠ \times ٤}{٢ \text{ أمبير}} \times ١٠٠ \times \text{لفة} ١٠٠ \times ١٠^{-٨}$$

$$= ٢ \text{ هنرى}$$

$$(٢) \text{ القوة الدافعة المستنتجة صم } = ٢ \text{ هنرى} \times \frac{٢ \text{ أمبير}}{٠,١ \text{ ثوانى}}$$

$$= ٤٠٠ \text{ فلت}$$

$$(٣) \text{ شدة التيار المستنتجة} = \frac{٤٠٠ \text{ فلت}}{١٠٠} = ٤ \text{ أمبير}$$

$$(٤) \text{ كمية التيار المستنتجة} = ٤ \text{ أمبير} \times ٠,١ \text{ ثوانى} = ٠,٤ \text{ كولوم}$$

المسألة الثانية

$$(١) \text{ ع م} = \frac{٢ \times ١٠}{٢ \text{ أمبير}} \times ٢٠٠ \text{ لفة} \times ١٠^{-٨} = ٢ \text{ هنرى}$$

$$(٢) \text{ صم} = ٢ \text{ هنرى} \times \frac{٢ \text{ أمبير}}{٠,٢ \text{ ثوانى}} = ٢٠ \text{ فلت}$$

$$(٣) \text{ شدة التيار المستنتجة} = \frac{٢٠ \text{ فلت}}{١٠٠} = ٢ \text{ أمبير}$$

$$(٤) \text{ كمية التيار المستنتجة} = ٢ \times ٠,٢ = ٠,٤ \text{ كولوم}$$

قوة المغناطيس الكهر بائى لرفع الاتقال الحربية

بند ٢٦ - نفرض أن ع = الكثافة المغناطيسية على سطح كل من قطبي

المغناطيس س م ٦ ح المبين بشكل ٢٩

وان س و = الامبير لفات اللازمة لمرور هذه الخطوط في الشجرة الهوائية

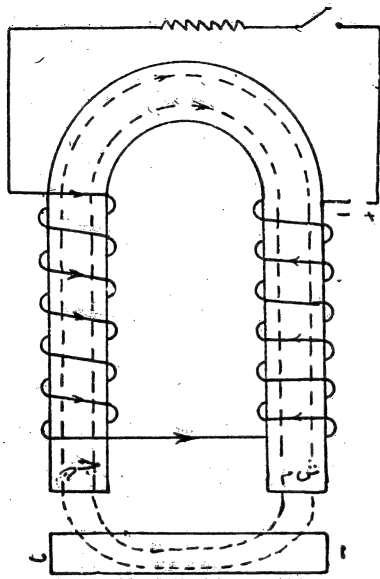
بين القطبين وقطعة الحديد ب (بند ٢٢) وان س م مأخوذة بالوحدات المطلقة

فالشغل المبذول عند تلاشي هذه الخطوط (ع) في الشجرة الهوائية (نتيجة

قطع التيار الكهر بائى) = ع س و = الطاقة المدخرة في الشجرة لكل

سنتيمتر مربع من سطح القطب (بند ٢٤)

ولكن $\frac{L}{\epsilon \mu} =$ قوة التيار المغناطيسية في الشجرة $\frac{\epsilon \mu}{L}$ دايين بفرض



شكل (٢٩)

ان L ستم = طول الشجرة

واذا كانت $L = ١$ ستم

اذا $\frac{L}{\epsilon \mu} =$ دايين

أي أن $\frac{L}{\epsilon \mu} =$ دايين

اذا $\frac{L}{\epsilon \mu} =$ دايين

ولكن $\frac{L}{\epsilon \mu} =$ دايين كما هو واضح

من الرسم (لان الوسط هو أوى)

اذا الطاقة المدخلة في الشجرة لكل

سنتيمتر مربع $\frac{L^2}{\epsilon \mu}$

وبما أن طول الشجرة $L = ١$ ستم

اذا $\frac{L^2}{\epsilon \mu}$ دايين = القوة بين القطبين وقطعة الحديد لكل سنتيمتر مربع من

سطح القطب

وبين كل من القطبين وقطعة الحديد $\frac{L^2}{\epsilon \mu}$ للسنتيمتر المربع

فاذا كانت المساحة الكلية لسطحي التلامس بين القطب الواحد وقطعة

الحديد $= S$ سم 2 فقوة القطب الواحد لرفع القطعة $= \frac{L^2}{\epsilon \mu}$ دايين

مثال ذلك

المطلوب إيجاد مساحة مقطع مغناطيس كهربائي مصنوع من الصلب المسبوك على شكل حذاء الفرس اذا كان قادراً على رفع ألواح من الصلب وزنها $\frac{1}{4}$ طونولاته على فرض أن الكثافة المغناطيسية على سطح كل من القطبين ١٣٠٠٠ خط لكل سنتيمتر مربع

الحل

$$\frac{\text{ل. س}^2}{\text{ط}^8 \text{ داي}} = \text{القوة الرافعة لكل من قطبي المغناطيس}$$

$$\frac{\text{ل. س}^2}{\text{ط}^8 \times ٩٨١} = \text{جرام} \quad \frac{\text{ل. س}^2}{\text{ط}^8 \times ٩٨١ \times ٤٥٣,٦} = \text{رطل}$$

$$\frac{\text{ل. س}^2}{\text{ط}^8 \times ١١,٢ \times ٦١٠} = \text{رطل} \quad \frac{\text{ل. س}^2}{\text{ط}^8 \times ١١,٢ \times ٦١٠} = \text{رطل} \quad \frac{٢١٣٠٠٠ \times \text{س}}{٦١٠ \times ١١,٢}$$

$$\text{ولكن القوة الرافعة للقطبين} = \frac{1}{4} \text{ طونولاته} = \frac{٢٢٤٠}{٢} = ١١٢٠ \text{ رطل}$$

$$\text{اذا القوة الرافعة للقطب الواحد} = \frac{١١٢٠}{٢} = ٥٦٠ \text{ رطل}$$

$$\frac{٢١٣٠٠٠ \times \text{س}}{٦١٠ \times ١١,٢} =$$

$$\text{اذ أس} = \frac{٦١٠ \times ١١,٢ \times ٥٦٠}{٢ \times ٢١٣٠٠٠} = \frac{٣٧,١}{٢} = ١٨,٥٥ \text{ بوصة مربعة}$$

كيفية قياس معامل النفاذ أو القابلية $\frac{L}{L_0}$ للمحريض منه أى نوع

بند ٢٧ — بما أن انحراف ابرة الجلفانومتر الوقتية الناتجة عن التيار المستنتج في الملف الثانوى تتوقف على كمية التيار (بند ٢٥) فلاجل إيجاد معامل النفاذ لقابلية أى معدن من المعادن الحديدية تتبع التجربتين الآتيتين —

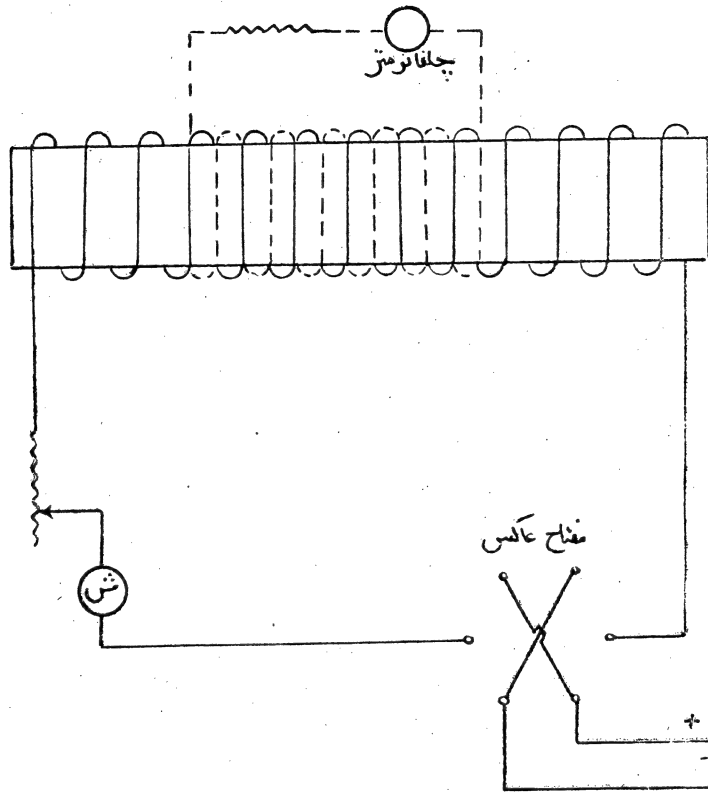
أولاً — معرفة كمية التيار الكهر بائى المستنتج في الملف الثانوى التى تسبب انحراف ابرة الجلفانومتر المتصل بهذه الدائرة درجة واحدة وتسمى هذه الكمية بالعدد الثابت للجلفانومتر
ثانياً — استعمال هذا الجلفانومتر بعد عمل التجربة السابقة عليه لايجاد العلاقة بين الكشافة المغناطيسية L المتولدة في الحديد المراد معرفة معامل نفاذه وبين قوة التيار المغناطيسية I المولدة لها

التجربة الاولى

بند ٢٨ — نفرض أن $F =$ عدد اللفات الابتدائية الملقوفة حول اسطوانة مصنوعة من مادة غير قابلة للخطسة كالخشب طولها لا يقل عن ١٠٠ سنتيم حتى لا تؤثر أطرافها على الكشافة المغناطيسية في الوسط (شكل ٣٠) G s سنتيم^٢ = متوسط سطح القطاع العرضى للفات الابتدائية G $F =$ عدد اللفات الثانوية الملقوفة حول اللفات الابتدائية والملف الابتدائى متصل بمقاومة متغيرة وأمبيرومتر ومفتاح عاكس وينبوع كهر بائى كما في الشكل ٣٠ والملف الثانوى متصل بمقاومة وجلفانومتر دقيق (الجلفانومتر الاستاتيكي ذو المرأة هو أنسب نوع لعمل هذه التجربة) ونفرض أن S أمبير = شدة التيار الكهر بائى في الملف الابتدائى (وهو المستمد من الينبوع الكهر بائى)

فعند عكس التيار الكهر بائى في الملف الابتدائى بواسطة المفتاح العاكس

فشدة التيار تتغير من S الى $S -$
 أى أن قيمة تغيير التيار الكهربائى باعتبار خطوط القوة المغناطيسية القاطعة
 للملف الثانوى أثناء هذا التغيير $S_2 = S$



(شكل ٣٠)

فكمية التيار المستنتجة فى الملف الثانوى على حسب بند ٢٥

$$= \frac{S_2}{M} \times E$$

بفرض أن E هنرى = معامل الاستنتاج المتبادل M مقاومة دائرة
 الملف الثانوى بما فيه الجلفانومتر بالأوم
 فإذا فرضنا أن ابرة الجلفانومتر اندفعت بمقدار H تحت تأثير هذه الكمية
 المستنتجة وان C العدد الثابت المطلوب ايجاده

$$\text{إذا ع م} \times \frac{٢ \text{ س}}{\text{م}} = \text{ه} \times \text{ح}$$

ولكن ع م = $\frac{١,٢٥٧ \times \text{ف} \times \text{ف}^١}{١٠ \times \frac{١}{١ \times \text{س}}}$ وجميع عوامل هذه المعادلة يجب أن تكون معروفة

إذا ع م يمكن إيجادها

$$\text{إذا ح} = \frac{\text{ع م} \times ٢ \text{ س}}{\text{م} \times \text{ه}} \text{ ويمكن تقديره}$$

قلنا أن الجلفانومتر المستعمل في هذه التجارب يجب أن يكون دقيقاً جداً حتى نضمن تناسب انحراف ابرته مع كمية التيار ولكن الجلفانومترات المستعملة في هذه التجارب الدقيقة لا يمكن — مع دقة صنعها — ضمانها ضماناً كافياً

لذلك يحسن تكرار التجربة السابقة بتغيير شدة التيار السكهربائي في كل حالة في الملف الابتدائي ونرسم منحنيّاً يبين كمية التيار المستنتجة المتبادلة ودرجات انحراف ابرة الجلفانومتر المقابلة لها ومن هذا الخط البياني يمكننا إيجاد العدد الثابت للجلفانومتر في كل حالة

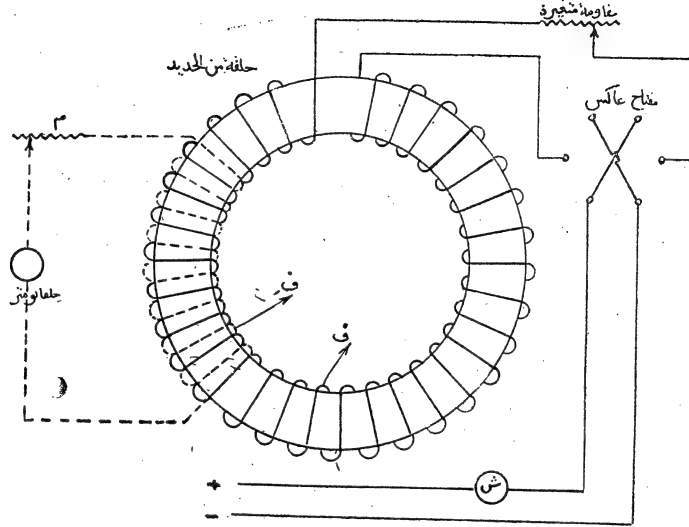
التجربة الثانية

بند ٢٩ — بعد رسم المنحنى البياني السابق نجري التجربة الثانية لمعرفة معامل النفاذ للنوع المطلوب من الحديد مع استعمال نفس الجلفانومتر المستعمل في التجربة السابقة

وذلك بأن نأتي بالحديد ونسبكه على شكل حلقة تجنباً من التأثير الذي يحدث من المغناطيسية المتولدة فيه على قوة التيار المغناطيسية المولدة لها (بند ٢١)

وشكل ٣١ يبين بوضوح كيفية التوصيل

ثم نعمل في هذه التجربة كما عملنا في التجربة السابقة من حيث عكس التيار الكهربائي وأخذ قراءة الجلفانومتر الوقتية في الملف الثانوى. غير أنه يجب



(شكل ٣١)

عكس التيار الكهربائي جملة مرار بعد كل قراءة لنضمن تناسب تغيرات التدفق المغناطيسى مع تغيرات التيار الكهربائي في الملف الابتدائى ولنفرض جميع الرموز في التجربة السابقة لهذه التجربة من حيث اللفات الابتدائية والثانوية ومتوسط محيط الحلقة وسطح قطاعها وانحراف ابرة الجلفانومتر وشدة التيار في الملف الابتدائى

فالتدفق المغناطيسى في الحلقة = ϕ س بفرض أن ϕ الكشافة المغناطيسية لكل سنتيمتر مربع من قطاع الحلقة

وكمية التيار المستنتجة في الملف الثانوى نتيجة عكس التيار س بالمفتاح

$$\frac{2 \phi \times F_1}{M \times 10^8} = \frac{S^2}{M} \times E_M \text{ وبتحليلها الى عواملها}$$

$$= \frac{2 \phi \times S \times F_1}{M \times 10^8}$$

ويمكن أن نتحقق من العدد الثابت للجلفانومتر ح المقابل لهذه الكمية على المنحنى البياني المرسوم في التجربة السابقة

$$\text{إذا } \frac{ل^٢ \times س \times ف}{م \times ١٠} = ح \times ه$$

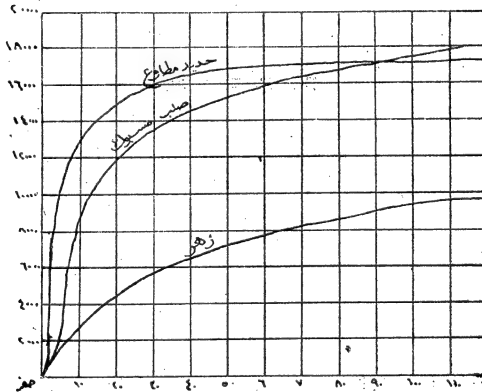
$$\text{إذا } \frac{ل^٢ \times م \times ح \times ه}{س^٢ \times ف} = \frac{ل^٢ \times م \times ح}{س^٢ \times ف} \times ه$$

والقيمة $\frac{ل^٢ \times م \times ح}{س^٢ \times ف}$ ثابتة على طول التجربة ومعلومة أرقامها

أما قوة التيار المغناطيسية لـ ه المقابلة للكشاف لـ فيمكن تقديرها مباشرة

$$\frac{ل \times ١,٢٥٧ \times ف}{س} \times س = \frac{ل \times ١,٢٥٧ \times س \times ف}{ل}$$

والقيمة $\frac{ل \times ١,٢٥٧ \times ف}{ل}$ ثابتة على طول التجربة ومعلومة أرقامها



شكل (٣٢)

إذا يمكننا رسم المنحنى بين لـ احداثي رأسي و لـ احداثي أفقي وهذا

المنحنى يسمى منحنى التغطس لنوع الحديد المعمول عليه التجربة ومنه يمكننا إيجاد معامل النفاذ $\frac{L}{L_0}$ في كل نقطة على المنحنى . والمنحنيات المرسومة شكل ٣٢ عبارة عن منحنيات التغطس للبعادن المبينة على كل منها

الفصل الرابع

القصور المغناطيسى

تأثير نوع الوط الحديدى على التدفق المغناطيسى

بند ٣٠ — عرفنا في الفصل الثالث كيفية قياس المغناطيسية المتولدة من مرور تيار كهربائى فى ملف كهربائى وعرفنا أيضاً أن المغناطيسية المتولدة فى القلب الحديدى تزيد أضعافاً عن قوة التيار المغناطيسية المولدة لها L_0 أو الكثافة المغناطيسية اذا كان الوسط هوائياً (أى غير قابل للمغطة) وإذا أجرينا التجربة السابقة لإيجاد منحنى التغطس على حلقتين من الحديد متساويتى الابعاد وعدد اللفات . نلاحظ أن مقدار المغناطيسية المتولدة فيهما تختلف باختلاف نوعيهما الحديدى مع تساوى س فيهما فمثلاً لو كان الاول نوعه من الحديد المطروق والثانى من الصلب المسبوك نجد أن المغناطيسية فى الاول أكثر منها فى الثانى أو بمعنى آخر أن قابلية أو معامل نفاذ الاول أكبر منه فى الثانى

تقرير المغناطيسية عن القوة المولدة لها

بند ٣١ — كذلك لو غيرنا شدة التيار الكهربائى المار فى ملف قلبه مصنوع من أى معدن حديدى فالمغناطيسية المتولدة فى قلب الملف لا تتغير دائماً

بنسبة الشدة المولدة لها

فلو كانت الامبير لفات (بند ٢٢) في بدء التجربة قليلة جداً فالمغناطيسية تزيد بنسبة زيادة شدة التيار ولكن لحد محدود يلاحظ بعده أن زيادة المغناطيسية ابتدأت تضعف نسبياً عن زيادة شدة التيار

وهذا الضعف يزداد حتى يصل القلب الحديدي الى درجة التشبع كما يلاحظ ذلك من منحنيات التمعطس المرسومة لثلاثة معادن حديدية (شكل ٣٢)

فمعدن الزهر يصل الى درجة التشبع عند ما تكون قوة التيار المغناطيسية $I = 110$ دايين تقريباً ويبدأ الحديد المطاوع في درجة التشبع عند ما تكون $I = 60$ تقريباً والكثافة I على درجة التشبع في الزهر $= 9000$ خط تقريباً وفي الحديد المطاوع $= 16800$ خط ومعنى درجة التشبع أن تثبت المغناطيسية في الحديد على قيمتها مهما زادت شد التيار الكهربائي في الملف أي أن القلب الحديدي في هذه الدرجة يولد مقاومة كبيرة تمنع أي ازدياد في مغناطيسيته فمعامل النفاذ على هذه الدرجة يساوى صفراً

ويمكن أن نعتبر هذه الدرجة التي يصل فيها معامل النفاذ الى صفر درجة ترتيب جميع جزئيات الحديد في خطوط متوازية حسب نظرية امبير في توليد المغناطيسية في الاجسام. أما لو وصلنا تياراً كهربائياً في ملف قلبه هوائى فالمغناطيسية المتولدة في الوسط الناشئة عن الامبير لفات وليست عن الوسط نفسه — لأنه غير قابل للمغطسة — تزيد نسبياً بزيادة الامبير لفات ولا تتغير النسبة مطلقاً

وكذلك لو قللنا التيار الكهربائي تدريجياً فان المغناطيسية المتولدة عنه في هذا الوسط تنقص تدريجياً أيضاً بنسبته وتتلاشى في الوقت الذي تصل فيه شدة التيار الكهربائي الى صفر

المغناطيسية الباقية

بند ٣٢ — أما في القلب الحديدي فالمغناطيسية لا تنقص بنسبة نقصان شدة التيار الكهربائي بل بأقل منها (إلا اذا كان الحديد حديداً مطاوعاً) أى يبقى جزء منها في الحديد

ويسمى هذا الجزء الباقي في الحديد من المغناطيسية بعد انقطاع التيار الكهربائي بالمغناطيسية الباقية وعلى هذه المغناطيسية الباقية يتوقف تولد القوة الدافعة الكهربائية في الديناموات ذوات التغذية النفيسة (الباب الثالث)
ينتج لنا من عدم تناسب شدة التيار الكهربائي في الملف ذى القلب الحديدي مع المغناطيسية المتولدة منها أننا لو زدنا شدة التيار الى أى قيمة في هذا الملف ثم أنقصناها تدريجياً الى أى قيمة أخرى فإن عدد الخطوط المغناطيسية الناتجة عن شدة التيار الاخير تكون أكثر منها فيما لو وصلنا الى هذه الشدة الأخيرة من أسفل الى أعلا

وهذه الخاصية الأخيرة في المواد الحديدية تسمى بالقصور أو التقهقر المغناطيسى لأن المغناطيسية لا تتفق في النقصان مع شدة التيار المولد لها بل تتقهقر عنه ويتسبب عن هذا التقهقر المغناطيسية الباقية في الحديد بعد انقطاع التيار الكهربائي في دائرة الملف

والمنحنى المرسوم شكل ٣٣ عبارة عن منحنى الدورة المغناطيسية ولايجاد هذا المنحنى تتبع الطريقة السابقة (بند ٢٨ ٢٩) في ايجاد منحنى التغطس الذى يجمع بين قوة التيار المغناطيسية H والكثافة المغناطيسية الناتجة عنها في الحديد B (شكل ٣١)

وهذا المنحنى هو B (شكل ٣٣) ونقطة a مفروض في الرسم أنها بدء درجة التشبع فعند الوصول الى هذه النقطة نقلل التيار الكهربائي تدريجياً في الملف الابتدائي وذلك بواسطة المقاومة المتغيرة وفي كل حالة نحسب كثافة المغناطيسية الباقية

فلاحظ أن الكثافة المغناطيسية في حالة نزول التيار الكهربائي أكبر

منها في حالة صعوده

فمثلا لو كانت شدة

التيار اللازمة لتوليد

كثافة مغناطيسية قيمتها

٨٠٠٠ خط في الحلقة

الحديد (شكل ٣١) هي

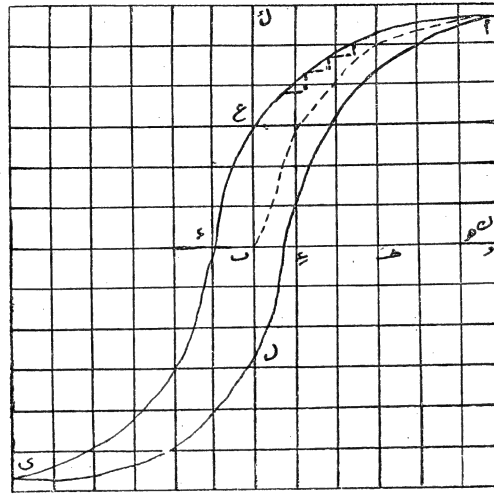
٢٠ أمبير وإن هذه الكثافة

زادت إلى ٩٠٠٠ عند

زيادة التيار الكهربائي إلى

٢٥ أمبير على منحنى

التمغطس ب ١ (شكل ٣٣)



(شكل ٣٣)

فعند الرجوع بالتيار الكهربائي من ٢٥ أمبير إلى ٢٠ أمبير نجد أن الكثافة

المغناطيسية زادت عن ٨٠٠٠ خط (وهي الكثافة المعادلة ٢٠ أمبير في الحالة

الاولى) ولو استمرينا في التجربة في تنقيص شدة التيار الكهربائي نجد أن

جزءاً من المغناطيسية ب ع باقٍ في الحديد عند قطع التيار الكهربائي وهذه

المغناطيسية الباقية تحتاج إلى تيار عكسي لازالتها

وهذه القوة اللازمة لازالة المغناطيسية الباقية (بعد قطع التيار الكهربائي)

تسمى بقوة مناعة الحديد المغناطيسية

فاذا فرضنا أن ب و هي شدة التيار أو قوة التيار المغناطيسية اللازمة

لازالة المغناطيسية الباقية واستمرينا في التجربة بزيادة شدة التيار العكسية نجد

أن المغناطيسية تزيد من الجهة السلبية على الخط البياني إلى أن تصل إلى

درجة التشبع

ويمكننا أمام الدورة المغناطيسية بأن نرجع بالتيار تدريجياً إلى الصفر

فنجدها أن هناك مغناطيسية باقية ب ل وإذا استمرينا في زيادة التيار الكهربائي من الجهة الموجبة فالقوة اللازمة لمحو المغناطيسية الباقية تساوى ب و بزيادة التيار الكهربائي نصل الى درجة التشبع وهي النقطة ١. وبذلك يتم تخطيط الدورة المغناطيسية لنوع الحديد المعمول عليه التجربة كما هو مبين بالرسم

الطاقة المنصرفة في الحديد نتيجة القصور المغناطيسي

بند ٣٣ — عرفنا من بند ٢٢ ٢٤ ٦ أن الطاقة المدخلة داخل أى ملف كهربائي تصرف في مقاومة أى تغيير يحدث في خطوط القوة المتولدة. والشغل المبذول نتيجة هذه الطاقة المدخلة يتحول الى صورة كهربائية تفقد في الملف في صور حرارية بدليل الشرارة الكهربائية عند نقطة القطع عند قطع التيار الكهربائي وأن القوة الدافعة المستنتجة بنفسية تساوى عدد الخطوط المتلاشية في الثانية الواحدة \times عدد اللفات القاطعة لها

ولكن هذه الطاقة المدخلة لها مهمة أخرى اذا كان قلب الملف مصنوعاً من الحديد حيث يصرف جزء منها في الحديد بالنسبة لمناعته الناتج عنها القصور من المغناطيسي المبين في البند السابق والشغل المبذول في هذه الحالة يتحول الى صورة حرارية في الحديد نفسه وهذا هو السبب في ارتفاع درجة حرارة القاب الحديد أثناء عمل التجارب السابقة لايجاد منحني الدورة المغناطيسية

نستنتج من ذلك أن الطاقة المدخلة داخل الملف الحديدي لا تصرف كلها عند قطع التيار الكهربائي (كما هو الحال في الملف الهوائي) بل جزء منها يصرف في الحديد نتيجة القصور المغناطيسي والشغل المبذول في هذه الحالة مفقود (حيث يتحول الى حرارة في الحديد كما قلنا) ولا ينتفع به

لذلك من المهم جداً أن نعرف كيف نقدره لضمه الى دائرة المفاقيـد في الآلات الكهربائية المعرضة لتأثيرات القصور المغناطيسية كالديناموات والمحركات الكهربائية

تقرير الشغل المفقود في الحزب نتيجة القصور المغناطيسى

بند ٣٤ — نفرض اسطوانة من الحديد ملفوف عليها ملف كهربائى كما بين

في شكل ٢٠.

وأن طول الاسطوانة = $ل$ سنتيم $و$ عدد اللفات بمعدل $و$ لكل سنتيم
من طول الاسطوانة وأن $س$ سنتيم^٢ = مساحة مقطع الاسطوانة

ونفرض أننا زدنا شدة التيار الكهربائى فى الملف بحيث أن الكشافة
المغناطيسية $ل$ زادت الى $ل_١$ فى الحديد فى مدة زواى

$$\text{أى أن معدل الزيادة فى الثانية الواحدة للكشافة} = \frac{ل_١ - ل}{ز}$$

فالقوة الدافعة المستنتجة النفسية وهى المعاكسة لنمو التيار الكهربائى

$$\text{(بند ٢٤)} = \frac{ل_١ - ل}{ز} \times س \times و \times ل \text{ . والشغل المبذول ضد هذه القوة الدافعة}$$

المعاكسة وهو المسبب عن مناعة الحديد الناتج عنها القصور المغناطيسى =

$$(ل_١ - ل) \times س \times و \times ل \times س$$

نفرض أن $س =$ شدة التيار فى الملف بالوحدات المطلقة

$$\text{ولكن قوة التيار المغناطيسية} = \frac{ل \times س \times و \times ط}{ل}$$

$$= ل \times س \times و \times ط$$

$$\text{إذا} \quad س = \frac{ل}{ل \times و \times ط}$$

وبالتعويض ينتج لنا أن الشغل المبذول

$$= \frac{ل}{ط} (ل_١ - ل) \times س \times و \times ل$$

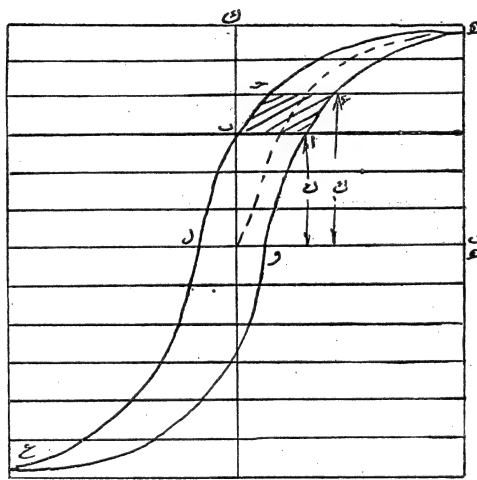
وبما أن $S = L$ = حجم الاسطوانة

$$\text{إذا الشغل المبذول} = \frac{1}{\epsilon} (L - L_0) \times L_0 \text{ لكل سنتيمتر مكعب}$$

من الاسطوانة الحديد

ولو طبقنا هذه النتيجة على منحنى الدورة المغناطيسية للحديد نجد أنها تدلنا على أن مساحة الجزء المحصور بمنحنى الدورة أى H و E عبارة عن الشغل المفقود في الحديد نتيجة هذه الدورة الكاملة مضروباً في ϵ

اذ لو فرضنا أن $(L - L_0)$ صغيرة جداً فهي تساوى تقريباً L_0 (شكل ٣٤) وعلى ذلك L يساوى تقريباً $H = L_0$



(شكل ٣٤)

فمساحة الجزء المهدر على منحنى الدورة المبين يساوى تقريباً $(L - L_0) \times L_0 =$ الشغل المبذول في هذا الجزء $\times \epsilon$

فاذا اتبعنا هذه الطريقة في تقدير الشغل المفقود في الحديد على أى جزء من أجزاء المساحات في المنحنى وجمعنا جميع الاجزاء

المحصورة بين منحنى الدورة ثبت لنا صحة هذا التقدير

ومع ذلك فقد أثبت سيمتر العالم الانجليزى أن مفقود الدورة المغناطيسية $= 0.01 \times L_0^{1.6}$ أرج لكل سنتيمتر مكعب من الحديد في الدورة الواحدة

وهذه النتيجة صحيحة اذا كانت قيمة الكشافة L_0 من ١٠٠٠ الى ١٤٠٠٠

أما العدد الثابت 0.01 فهو يتوقف على نوع الحديد والجدول الآتى يبين

قيمه لمعادن حديدية مختلفة

نوع الحديد	العدد الثابت للقصور المغناطيسى
أنواع الحديد المستعملة في المحولات الكهربائية	من ٠٠١٥ الى ٠٠٢٥ ر
أنواع الحديد المستعملة في عضوا الاستنتاج	من ٠٠٢٥ الى ٠٠٣ ر
حديد مطاوع ناعم	٠٠٣٢ ر
حديد مسبوك مخمر	من ٠٠٤٥ الى ٠٠٨٥ ر
صلب مخمر	٠٠٩ ر
حديد رمادى مسبوك	٠١٥ ر

مثال ذلك

المطلوب إيجاد فقد القصور المغناطيسى بالارج لكل ستيمتر مكعب في الدورة الواحدة لنوع ما من الحديد أجريت عليه تجربة وأخذت النتائج الآتية لمنحنى الدورة المغناطيسية

ل	تصاعدى له	تنازلى له
صفر	١,٦	٢ —
٢	١,٨	١,٨ —
٤	٢,٢	١,٥ —
٦	٢,٨	١,٢ —
٨	٣,٩	٥ —
٩	٤,٧	٤ —
٩,٥	٥,٢	١
١٠	٥,٧	٢
١٠,٥	٦,٣	٣,٦
١١	٧	٧

أوجد أيضاً الفقد بالوات لكل رطل من الحديد اذا تكررت الدورة المغناطيسية ٥٠ مرة في الثانية مع العلم أن البوصة المكعبة من الحديد تزن

٢٧٨ رطل

الحل :

مساحة نصف الدورة (شكل ٣٥) = ٤٠,٧ مربعات

∴ مساحة كل الدورة =

٨١,٤ مربعات

المربع الواحد = ١٠٠٠ وحدة

∴ مساحة منحنى الدورة

المغناطيسية = ٨١٤٠٠ وحدة

∴ الفقد الناتج عن

القصور المغناطيسي

مساحة الدورة
= $\frac{\text{ارج لكل}}{\text{ط}}$

سنتيم مكعب للدورة الواحدة

$$= \frac{٨١٤٠٠}{٤} = ٦٥٠٠ \text{ ارج لكل سنتيم مكعب للدورة الواحدة}$$

$$= ٦٥٠٠ \times ١٦,٤ \times ٣,٦ \times ٥٠ \times ١٠ = ١,٩٢ \text{ وات لكل رطل}$$

في الثانية

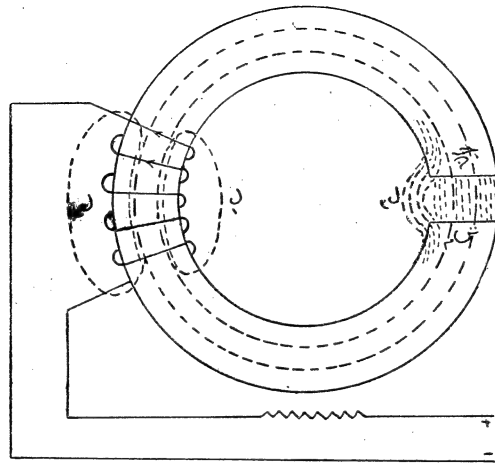
الهروب أو الانزلاق المغناطيسي

بند ٣٥ — في الدوائر المغناطيسية كثيراً ما يتغير سير الخطوط المغناطيسية

في قلب المغناطيس الكهربائي عن سيره الطبيعي

ففي المغناطيس الكهربائي المبين بالشكل ٣٦ وهو عبارة عن حلقة من الحديد

لها طرفان يتمغطسان بتأثير الامبير لفات المبيئة بحيث أن أحد الطرفين يكون قطباً شمالياً س م والثاني قطباً جنوبياً كما هو مبين



(شكل ٣٦)

نلاحظ أن جزءاً من خطوط القوة داخل الملف مثل ل يتم دورته بدون أن يمر عن طريق الثغرة الهوائية س م وهذا محتمل جداً خصوصاً عند ما يقرب الحديد الى درجة التشبع فتقل قابليته

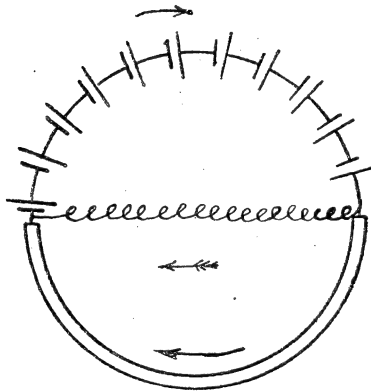
وعلى ذلك تزيد مقاومته لمرور خطوط القوة فيهرب جزء منها خارج الحديد

يؤخذ ما تقدم أننا لو أردنا أن نحسب الامبير لفات اللازمة لمرور تدفق مغناطيسي عدد خطوطه معلومة بين قطبي الحلقة س م ٦ ح ٦ مثلاً فلا بد وأن ندخل في حسابنا الجزء من الخطوط الهارب من منطقة القطبين ونضيف أمبير لفات بمقدار هذا الجزء على الامبيرات لفات اللازمة لمرور الخطوط بين القطبين اذا لم يكن هناك أي هروب منها

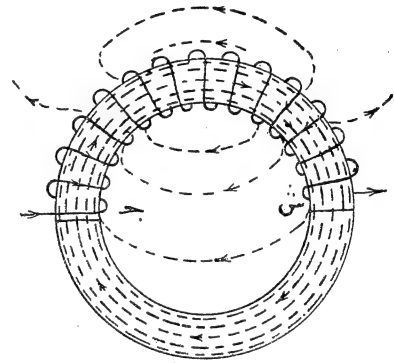
فاذا فرضنا أن التدفق المغناطيسي بين القطبين = T
وأن الجزء من التدفق الهارب خارج هذه المنطقة = T_p خطوط
فالتدفق المغناطيسي الكلي بين القطبين = $T + T_p$ مثلاً
إذا عدد مرات زيادة التدفق الكلي المتولد في أي جزء من أجزاء الدائرة

الكهربائية عن التدفق المغناطيسي المار فعلا في هذا الجزء أى $\frac{ت}{ت}$ يسمى
بمعامل الهروب

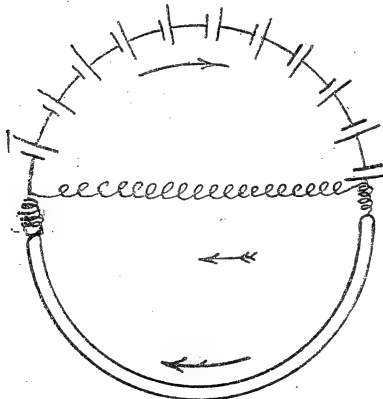
والتشابه كبير بين الدوائر الكهربائية المتصلة بالتوازي ببعضها والدوائر
المغناطيسية المتشعبة فيها خطوط القوة المغناطيسية كما هو الحال في التشابه
الذى بيناه في الدوائر المتصلة بالتوالى (شكل ٢٣ ٦ ٢٤)
والاشكال الأربعة المرسومة تبين حلقتي من الحديد أحدهما كتلة واحدة
والثانية بها ثغرتان هو اثنتان



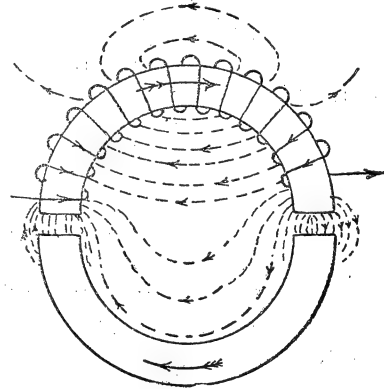
(شكل ٣٨)



(شكل ٣٧)



(شكل ٤٠)



(شكل ٣٩)

وملفوف على كل منهما ملف كهربائي وقد بينا سير خطوط القوة المغناطيسية المتولدة وتزاحمها في الحديد وهروب جزء منها في الوسط الهوائي ومقابل هذين الحلقتين دائرتين كهربائيتين مشابهتين تمام التشابه للدائرتين المغناطيسيتين فيما يختص بهروب جزء من التيار الكهربائي عن طريق المقاومات المبنية بالشكاين

تمارين عن الباب الاول

(١) المطلوب ايجاد التيار الكهربائي اللازم لتوليد تدفق (أو فيض) مغناطيسي قيمته 2×10^9 خط في قلب حديد ملفوف عليه ١٠٠٠ لفة اذا كان طول القلب ١٥٠ سم و سطح قطاعه يساوى ٢٠ سم ومعامل نفاذه (أو قابليته) $= 1000$ ومقطوع بثغرة هوائية طولها ٢ ملليمتر

(٢) اسطوانة من النحاس المجوف طولها ٢٠ سم وقطرها الداخلى ٨ سم وعمق اللفات ٤ سم

فاذا كانت شدة التيار الكهربائي في اللفات $= \frac{1}{4}$ أمبير وكانت قوة التيار المغناطيسية (لـ هـ) $= 100$ بالوحدات المغناطيسية الكهربائية في مركز الملف فما هو عدد اللفات

(٣) اذا كان عدد اللفات الابتدائية لملف ملفوف حول اسطوانة مجوفة من الخشب $= 1000$ لفة والتيار الكهربائي فيها ١ أمبير وعدد اللفات الثانوية الملفوفة حوله $= 100$ لفة

فاذا وصلنا الملف الثانوى بجلفانومتر بلستيكي ومقاومة قيمتها ١٠^٣ وكان الوقت اللازم لعكس التيار في الملف الابتدائى هو ٢ ثوانى وانحراف ابرة الجلفانومتر الوقتية نتيجة عكس التيار $= 10^\circ$

فالمطلوب أولاً — ايجاد التدفق المغناطيسى المتولد في قلب اللفات الابتدائية

ثانياً — القوة الدافعة المتولدة في اللفات الثانوية

ثالثاً — معامل الاستنتاج النفسى

رابعاً — كمية التيار المتبادلة (في اللفات الثانوية)

خامساً — العدد الثابت لانحراف الجلفانومتر

(٤) اذا حركنا قطباً ذا عشرة وحدات حول سلك به تيار كهربائي قيمته

٥ أمبير فما هو الشغل الذي يتم عمله أثناء دورانه دورة واحدة حول السلك

(٥) اسطوانة مجوفة ملفوفة عليها لفات بمعدل ٢٠ لفة لسلك سننيم من

الطول وضع داخلها بكرة لفات ثانوية عددها ٦٠٠ لفة ومتوسط محيطها ٤,٧

بحيث أن محورها مواز لمحور الاسطوانة ووصل طرفا البكرة بجلفانومتر بلستيكي

مقاومته ١٥ مع مقاومة قيمتها ٢,٩٦٧

فاذا كانت مقاومة اللفات الثانوية = ١٥ وشدة التيار في اللفات الابتدائية

= ٢ أمبير

واذا قطعت دائرة الملف الابتدائي فجأة فما هي كمية التيار الكهربائي التي

تتولد بالتأثير المتبادل في الجلفانومتر



الباب الثاني

الدينامو

الفصل الأول

نظرية الدينامو

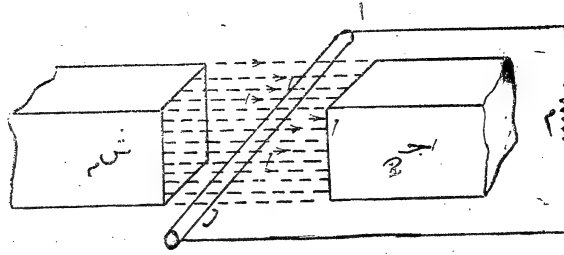
بند ٣٦ — الدينامو آلة الغرض منها تحويل الطاقة الميكانيكية المستمدة من آلة أخرى الى طاقة كهربائية لاستعمالها في الدوائر الكهربائية ونظريته متوقفة على قانون فرداي (بند ٢٣) وهو أنه اذا تحرك موصل في ساحة مغناطيسية تولدت v و i في الموصل بنسبة عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة بالموصل في الثانية الواحدة

ويشترط عند تقدير القوة الدافعة المتولدة ثلاثة عوامل

- (١) الطول المأخوذ من الموصل عند تقدير القوة الدافعة هو الجزء الداخل في منطقة الساحة المغناطيسية فقط
- (٢) أن يكون هذا الجزء عمودياً على اتجاه خطوط قوة الساحة المغناطيسية واذا لم يكن كذلك فالطول المؤثر هو المركبة العمودية له
- (٣) أن يكون اتجاه حركة الموصل متعامداً على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية واذا لم يكن كذلك تؤخذ المركبة العمودية لحركة الموصل عند تقدير القوة الدافعة

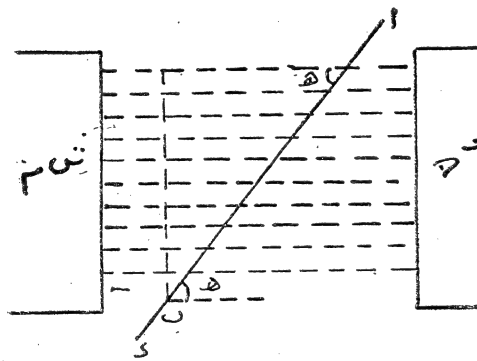
والشكل ٤١ عبارة عن قطبي مغناطيس وموصل ١ موضوع في الساحة المغناطيسية للقطبين فالجزء $ب$ من طول الموصل خارج عن منطقة خطوط القوة المغناطيسية والجزء ١ داخل هذه المنطقة

فعند تحرك هذا الموصل من أسفل الى أعلا مشلا تتولد فيه \mathcal{E} . \mathcal{U} . \mathcal{L}



(شكل ٤١)

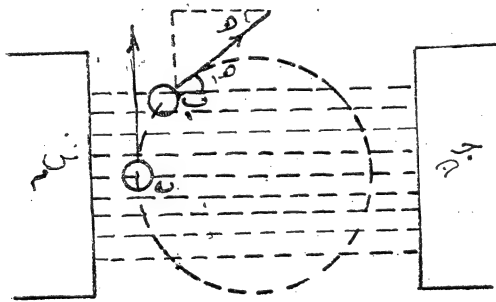
وإذا كوّن جزءاً من دائرة خارجية (م مثلاً) مرّتيار كهربائي في السلك نتيجة هذه القوة الدافعة المتولدة فيه



(شكل ٤٢)

والشكل ٤٢ يبين المستوى الأفقي للشكل ٤١ فإذا كان الموصل مائلاً بزاوية θ على اتجاه الحقل الخطوط كما هو مبين فالطول القاطع للخطوط المغناطيسية أثناء حركته السلك عبارة عن المركبة العمودية على اتجاه الخطوط أي $\mathcal{L} \sin \theta$

والشكل ٤٣ عبارة عن المستوى الرأسي للشكل ٤١ وقطاع المركبة العمودية للسلك مبيّنة فيه



(شكل ٤٣)

فإذا دار السلك كما هو مبين بشكل ٤٣ فأتجاه الحركة يختلف بالنسبة لاتجاه الخطوط المغناطيسية في كل وضع من أوضاع السلك

بند ٣٧ - ففي الموضع ب اتجاه الحركة متعامد على اتجاه الخطوط وفي

هذا الوضع تؤخذ سرعة حركة السلك بأكملها عند تقدير القوة الدافعة المتولدة (لأن المركبة العمودية تنطبق على السرعة الكلية)
وأما في الوضع ب ، فاتجاه حركة السلك ليس متعامداً على الخطوط
المغناطيسية فالسرعة المؤثرة = السرعة الكلية \times جا هـ ، بفرض أن هـ
زاوية ميل اتجاه الحركة على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

اتجاه التيار الكهربائي المتولد في السلك

بند ٣٨ — الجهة التي يسير فيها التيار الكهربائي المتولد في السلك تتوقف

(١) على اتجاه حركة السلك

(٢) على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

وهناك قانون عام يسمى بقانون فلهنج لمعرفة اتجاه سير التيار الكهربائي وهو — اذا وضعنا اليد اليمنى بحيث أن الإبهام والسبابة والوسط تكون متعامدة على بعضها وكان امتداد الإبهام في اتجاه حركة السلك والسبابة في اتجاه سير الخطوط المغناطيسية فاتجاه امتداد الوسط يعين اتجاه التيار الكهربائي الناشئ عن القوة الدافعة المتولدة في السلك

تقدير القوة الدافعة المتولدة

بند ٣٩ — ليست القوة الدافعة المتولدة الانتيجة للقانون المستنتج في بند ١٣

وهو أنه اذا تحرك سلك موضوع في ساحة مغناطيسية بحيث أن طوله واتجاه حركته يكونان متعامدين على اتجاه خطوط قوة الساحة فالشغل المبذول بالسلك يساوى عدد الخطوط المقطوعة مضروباً في شدة التيار الكهربائي في السلك وبما أن التيار الكهربائي في السلك متولد نتيجة تحريك السلك بضغط ميكانيكي في الساحة المغناطيسية فالشغل الميكانيكي المبذول بتغير صورته الى طاقة كهربائية بتأثير المغناطيسية حول السلك

فلو فرضنا أن التيار المتولد في السلك = S أمبير وأن الخطوط التي

يقطعها الموصل أثناء حركته (وكان متعامداً بطوله وفي اتجاه حركته على اتجاه الخطوط) = ت في مدة ز ثواني . فالشغل المبذول = $\frac{س}{١٠} \times ت$ أرج

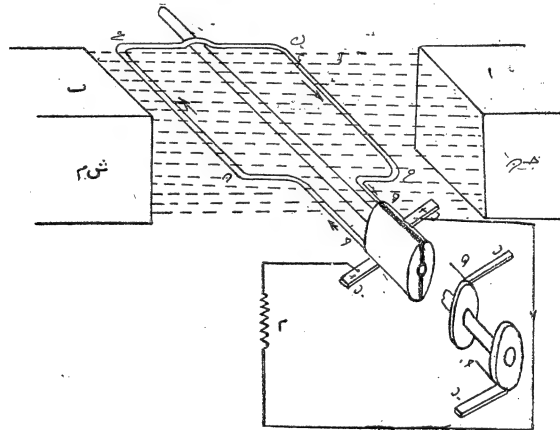
$$\text{والقدرة} = \frac{س}{١٠} \times \frac{ت}{ز} = \text{القوة الدافعة المتولدة} \times \text{شدة التيار المتولد}$$

$$= \frac{س}{١٠} \times \text{القوة الدافعة}$$

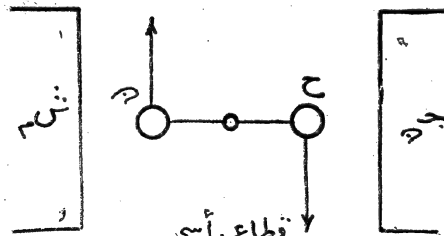
∴ القوة الدافعة المتولدة بالوحدات المطلقة = $\frac{ت}{ز} = \text{عدد الخطوط}$

المغناطيسية المقطوعة في الثانية وهذا مما يثبت قانون فرداي

التيار الكهربائي المتولد في الدينامو وكيفية توزيعه في الخارج

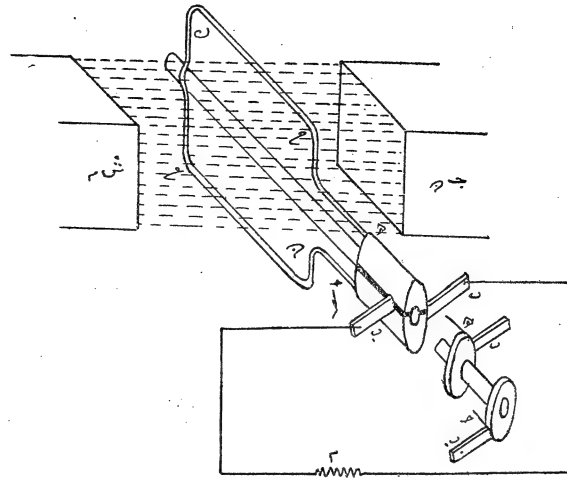


(شكل ٤٤)



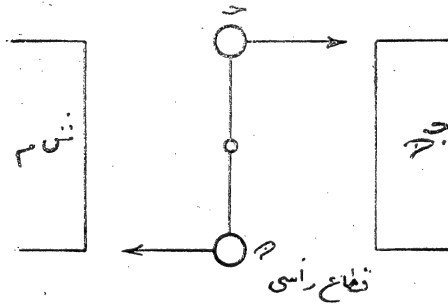
(شكل ٤٥)

بند ٤٠ — الاشكال المبينة عبارة عن قطبي مغناطيس سم ٦ ح ٦ وبينهما



(شكل ٤٦)

محور يعمل زاوية قائمة مع اتجاه خطوط القوة ومحمول بطرفيه على حاملين (غير مبينين بالاشكال) وقابل للدوران بين القطبين وملفوف حول هذا المحور ملف



(شكل ٤٧)

لح ٦ ح ٦ ينتهي طرفاه ح ٦
اما بنصفي اسطوانة من النحاس
مفصولين عن بعضهما بمادة عازلة
من الشيلاك أو الميكا ومثبتين على
المحور ولكنهما معزولان عنه بمادة
عازلة . أو بحلقتين من النحاس

مثبتتين حول المحور ومعزولتين عن بعضهما وعن المحور

فعند ادارة هذا الملف بواسطة سير أو بطريقة مباشرة تتولد قوة دافعة كهربائية في الملف نتيجة قطع السلكين المكونين للفة ح ٦ ح ٦ لخطوط القوة المغناطيسية للقطبين أثناء الدوران

بند ٤١ — فاذا وضعنا على القطعين النحاسيين أو الحلقتين سلكين ب ٦ ب ٦ بطريق التماس فقط ووصلناهما لدائرة خارجية م وتتبعنا سير التيار

الكهر بائى المتولد على حسب قانون فلينج (بند ٣٨) وعلى حسب شكل ٤٤ حيث أحد السلكين ح ر ع المكونين للفة يتحرك من أسفل الى أعلا والثانى ل ه من أعلا الى أسفل لاحظنا أن التيار المتولد يمر فى السلك الاول من ح الى ع وفى السلك الثانى من ل ه الى أى عكس الاول وبما أن دائرة السلكين كاملة فالتيار المتولد فى كلا السلكين يسير كما هو مبين (شكل ٤٤) أى من ل ه الى ب الى م الى ح الى ع الى ل وهكذا

نلاحظ فى شكل ٤٤ أن مستوى اللفة واقع فى اتجاه الخطوط المغناطيسية أى أن اتجاه حركة الدوران لسلكى اللفة متعامد فى هذا الوضع على اتجاه الخطوط المغناطيسية وشكل ٤٥ يبين القطاع الرأسى لشكل ٤٤

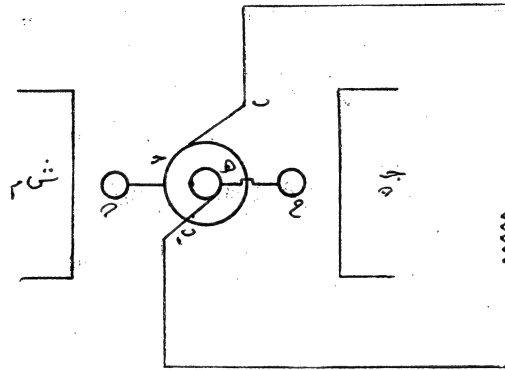
فالملف فى حركته فى هذا الوضع يقطع أقصى ما يمكن من الخطوط فى الثانية الواحدة (بفرض أن الكثافة المغناطيسية متساوية على طول القطب) أما فى شكل ٤٦ حيث مستوى اللفة متعامد على الخطوط المغناطيسية فاتجاه حركة السلكين ح ر ع ل ه موازية لاتجاه الخطوط المغناطيسية (شكل ٤٧) فاللفة فى هذا الوضع لا تقطع مطلقاً الخطوط المغناطيسية وعلى ذلك لا تتولد قوة دافعة فيها

بند ٤٢ — بين هذين الوضعين لمستوى اللفة (الافقى والرأسى) تتناسب القوة الدافعة المتولدة مع المركبة العمودية لاتجاه سرعة اللفة أى مع جيب الزاوية التى يعملها اتجاه السرعة مع اتجاه الخطوط المغناطيسية (بند ٣٦) شكل ٤٣

اتجاه التيار الكهر بائى فى الدائرة الخارجية

بند ٤٣ — عرفنا أن التيار الكهر بائى المتولد فى السلك ح ر ع بعكسه فى السلك ل ه شكل ٤٤ (بند ٤٠) أى أن التيار متغير الاتجاه فى السلكين فى كل دورة من دورات اللفة فى الشكل السابق ولكن اتجاه التيار فى الدائرة الخارجية وتغيراته بالنسبة له فى اللفة متوقف على كيفية توزيعه فى هذه الدائرة فاذا

استعملنا للتوزيع الحلقيتين النحاسيتين المبيتين في شكل ٤٤ ٤٥ ٤٦. فالتيار الكهربائي في الخارج يتبع في تغيراته التيار في اللفة وشكل ٤٨ يبين قطاعين لسلكي لفة ح ٦ القاطعين لخطوط القوة المغناطيسية أو التدفق المغناطيسي المتشع من القطبين س ٦ ح ٦ وتوزيع التيار في الدائرة الخارجية بواسطة



(شكل ٤٨)

حلقيتين ح ه (وهذا الشكل هو تقريباً المستوى الرأسى لشكل ٤٤ وقد استعصنا عن القطاعين النحاسيين بالحلقيتين) وسلكين ب ٦ ب فالتيار الكهربائي في الدائرة الخارجية يتبع في

تغيراته التيار في اللفة ح ٦ كما هو واضح من الشكل وتسمى الديناموات المصممة على هذه الطريقة — أى التي يتوزع منها التيار المتولد عن طريق الحلقيتين — بالديناموات ذوات التيارات المتغيرة وليس هذا موضوع مؤلفنا ولذلك سنضرب صفحاً عن الاسترسال في موضوع التيارات المتغيرة . —

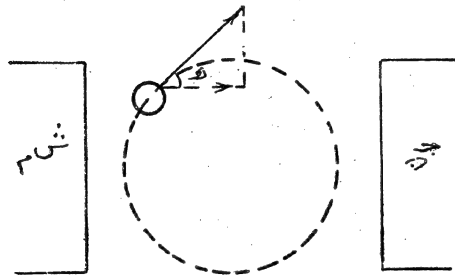
الخط البياني للقوة الدافعة لدائرة اللفة ل ع ح ه (شكل ٤٤)

بند ٤٤ — لو فرضنا أن الكثافة المغناطيسية ثابتة على طول وجه القطب وتساوى ل ٦ لكل سنتيمتر مربع ٦ وان س ٦ سنتيم سرعة الدوران في الدقيقة ٦ ل سنتيم طول كل من سلكي اللفة القاطع للتدفق المغناطيسي فالقوة الدافعة المتولدة في كل من السلكين أثناء الدوران = عدد الخطوط

المغناطيسية المقطوعة في اتجاه متعامد في الثانية الواحدة (قانون فرداي)

$$= \frac{S}{60} \times L \times J \text{ جا هـ}$$

بفرض أن هـ تساوى الزاوية التى يعملها اتجاه حركة السلك مع اتجاه الخطوط فى الوضع المأخوذ فيه تقدير القوة الدافعة المتولدة شكل (٤٩)



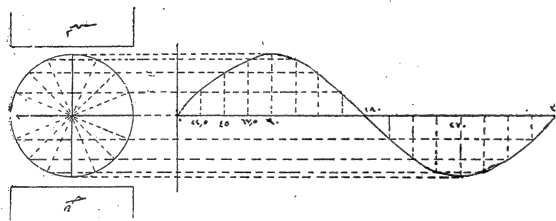
(شكل ٤٩)

وبما أن $L \times S$ مفروض أنها ثابتة

إذاً تتناسب القوة الدافعة المتولدة فى السلك مع جا هـ

فلو رسمنا خطاً بيانياً بين الزاوية هـ (احداثى أفقى) على

أوضاع مختلفة أثناء الدوران وما يقابل لها من القوة الدافعة المتولدة فى السلك فى كل وضع (احداثى رأسى) ينتج لنا منحنى جيب الزاوية



(شكل ٥٠)

ولاجل رسم هذا المنحنى نتبع الطريقة الآتية . -

نرسم دائرة نصف قطرها يساوى (بمقياس

رسم مناسب) أقصى قوة دافعة متولدة فى السلك أثناء حركته أى يساوى

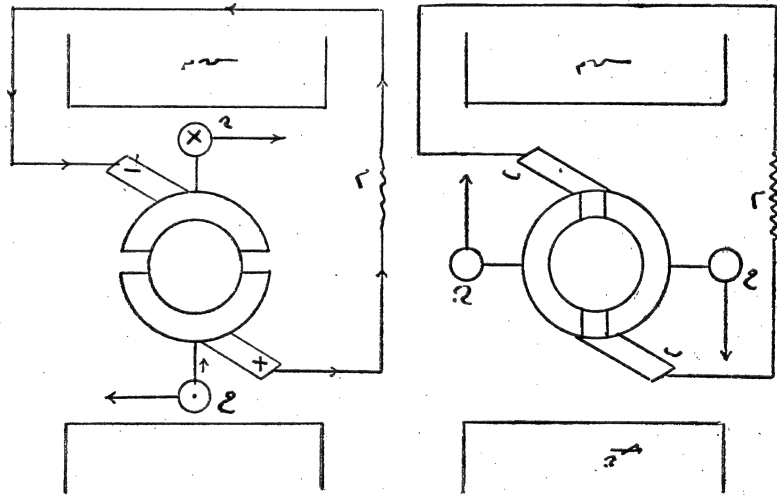
$$\frac{S}{60} \times L \times J$$

ثم نقسم محيط الدائرة الى جملة أقسام متساوية ونعمل على امتداد قطر الدائرة الافقى أقساماً مساوية لأقسام المحيط ليكون الاحداثى الافقى للمنحنى فيمثل الزوايا هـ

فلو فرضنا أن كل قسم ٣٠° فعدد الأقسام على الأحداثى الأفقى ليمثل دورة كاملة = ١٢ قسم باعتبار أن المحيط ٣٦٠°
ثم نسقط على الأحداثى الرأسى لكل قسم من أقسام الأحداثى الأفقى ما يقابله على محيط الدائرة كما فى شكل ٥٠ فينتج لنا منحنى جيب الزاوية .

الخط البياني للقوة الدافعة فى الدائرة الخارجية م

بند ٤٥ — يختلف هذا المنحنى عن المنحنى السابق اذا كان التوزيع عن طريق قطاعات من النحاس والاشكال المبينة (٥١ — ٥٥) تبين أوضاعاً مختلفة للفة ع ه أثناء دورانها دورة واحدة
فلورسمنا الخط البياني للتيار فى الدائرة الخارجية م المستمد من اللفة عن طريق قطاعين من النحاس بدلا من الحلقةين وجدناه كالاتى
فى شكل ٥١ القوة الدافعة المتولدة تساوى صفراً لأن اتجاه حركة اللفة مواز لاتجاه الخطوط المغناطيسية

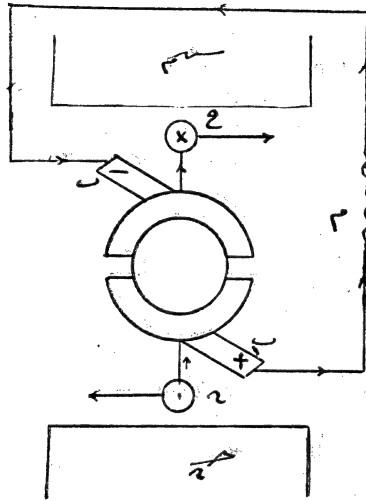


(شكل ٥٢)

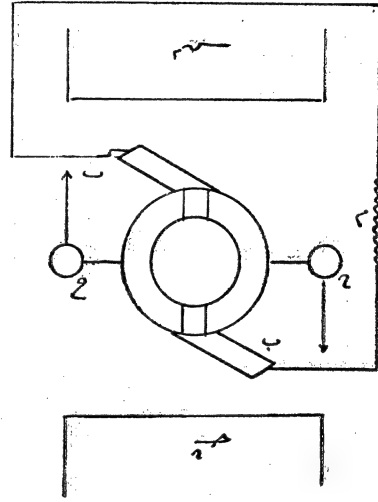
(شكل ٥١ و ٥٥)

وفي شكل ٥٢ القوة الدافعة المتولدة أقصى ما يمكن لأن اتجاه الحركة متعامد على اتجاه الخطوط المغناطيسية

وفي شكل ٥٣ عند ما يأخذ السلكان ح ٦ كل مكان الآخر فالقوة الدافعة المتولدة فيهما تساوى صفراً كالشكل ٥١



(شكل ٥٤)



(شكل ٥٣)

وفي شكل ٥٤ القوة الدافعة المتولدة في السلكين أقصى ما يمكن ولكنها بعكسها في السلكين في الوضع شكل ٥٢ ولكنها في الدائرة الخارجية م لم تنعكس لأن السلكين ب ٦ ب الملامسين للقطاعين ثابتا الوضع والقطاعين مفصولان عن بعضهما بمادة عازلة

وفي شكل ٥٥ القوة الدافعة = صفراً وهو نفسه شكل ٥١ حيث تأخذ اللفة مكانها الاول بعد اتمام دورة كاملة

والمنحنى البياني (شكل ٥٦) يبين العلاقة بين القوة الدافعة المتولدة وزاوية ميل خط السرعة على اتجاه الخطوط المغناطيسية وذلك باعتبار الدائرة الخارجية م وهو منحنى جيب الزاوية غير أن القوة الدافعة لا تنعكس بل تكون دائماً

اجابية . —

وقد بينا على المنحنى الاوضاع المختلفة للفة ح د المقابلة للقوة الدافعة المتولدة

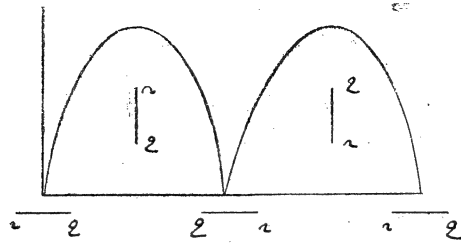
فيها على المنحنى

وبديهى أن التيار الكهربائى

المار فى م يتبع فى جمع تغيراته

القوة الدافعة المتولدة

مثال ذلك



إذا كانت الكثافة المغناطيسية

على وجه كل من القطبين فى

(شكل ٥٦)

شكل ٤٤ = ٨٠٠٠ خط لكل سنتيمتر مربع وطول كل من السلكين ح د

٦ ح ل المكونين للفة والداخلين فى منطقة التدفق المغناطيسى = ٣٠ سنتيمتر

وسرعة الدوران = ١٠ أمتار فى الدقيقة

فالمطلوب إيجاد أقصى فلت يتولد فى اللفة وكذلك الفلت المتولد على زوايا

الميل ٣٠° ٦٠° ٩٠°

الحل :

أقصى فلت يتولد فى السلك فى الوضع الذى فيه تكون زاوية ميل خط

السرعة على اتجاه الخطوط = ٩٠ درجة لان جا ٩٠ أقصى ما يمكن أى = ١

$$\text{إذا القوة الدافعة} = \frac{1000}{60} \times 8000 \times 30 \text{ سنتيمتر بالوحدات}$$

المطلقة .

$$\text{وبالفلت} = \frac{24}{60} = \frac{30 \times 1000 \times 8000}{10 \times 60} \text{ فلت} = 0.39 \text{ فلت}$$

$$\text{وفى اللفة} = 0.39 \times 2 = 0.78 \text{ فلت}$$

$$\text{والفلت المتولد على زاوية ميل } 30^\circ = 0.39 \times \text{جا } 30^\circ = 0.195$$

$$\text{فلت . وفى اللفة} = 0.195 \times 2 = 0.39 \text{ فلت}$$

والفلت المتولد على زاوية $60^\circ = 0.39$ ر \times جا $60 = 0.33$ ر فلت

وفي اللفة $0.33 = 2 \times 0.66$ ر فلت

والفلت المتولد على زاوية $45^\circ = 0.39$ ر \times جا $45 = 0.27$ ر فلت

وفي اللفة $0.27 = 2 \times 0.54$ ر فلت

الفصل الثاني

أعضاء الدينامو الرئيسية

بند ٤٦ — أعضاء الدينامو الرئيسية موضحة بالرسومات المبدئية السابقة فالجزء الشامل للقات القاطعة لخطوط التدفق المغناطيسي أثناء دورانه مثل اللفة ه ع ل ح (شكل ٤٤ ٤٦) يسمى بعضو الاستنتاج والجزء الشامل للقطاعات النحاسية المتصلة بأطراف اللقات والمثبت على محور الدوران مثل القطاعين ه و ح يسمى بعضو التوزيع أو التوحيد والجزء الشامل للأقطاب المغناطيسية المتشعب منها التدفق المغناطيسي مثل س م و ح يسمى بعضو التوليد أو عضو التنبيه والأسلاك الملامسة لقطاعات عضو التوزيع لنقل التيار الكهر بأى المتولد للدوائر الخارجية مثل ب و ب تسمى بالفرش

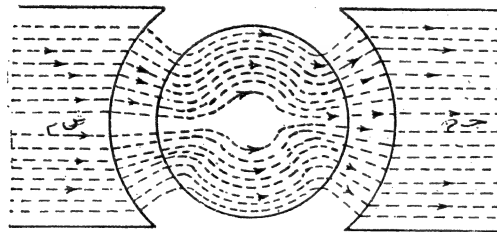
رفع قيمة الفلت المتولد فى الدينامو

بند ٤٧ — من المسألة المحلولة فى آخر الفصل الاول يتضح لنا أن الفلت المتولد فى اللفة بسيط جداً لا يصلح فى الدوائر الكهر بائية المنتشرة مثل دوائر المصاييح الكهر بائية ودوائر الحركة الخ

فلرفع قيمة الفلت المتولد في الدينامو تتبع الطرق الآتية
أولاً — يجب أن نصمم عضو الاستنتاج بحيث يمكننا الاستفادة من
سرعة الدوران بأكملها عند تقدير الفلت المتولد في أى وضع من أوضاع السلك
المواجه للقطب المغناطيسى أثناء الدوران . لأننا في الحالات السابقة لا نستفيد
إلا من جزء من السرعة وهو المركبة العمودية على اتجاه خطوط القوة
المغناطيسية إلا في وضع واحد وهو الوضع الذى يكون فيه خط السرعة متعامداً
على اتجاه الخطوط فالمركبة العمودية للسرعة منطوقة على السرعة في هذا الوضع
بأكملها

ولكن يمكننا أن نجعل خط السرعة متعامداً على اتجاه خطوط التدفق
المغناطيسى على طول وجه القطب وذلك بأن نعمل القلب الملفوف عليه أسلاك
عضو الاستنتاج من الحديد

والشكل ٥٧ يبين اسطوانة من الحديد موضوعة بين قطبين مغناطيسيين
ومبين فيه سير الخطوط
المغناطيسية من القطب الشمالى
سـم الى القطب الجنوبى حـم
وطول الفراغ الهوائى بين سطح
الاسطوانة ووجه القطب متساو

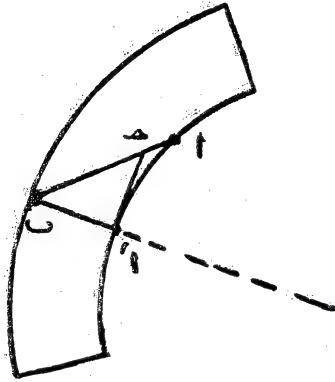


(شكل ٥٧)

على طول الوجه وذلك يجعل وجه القطب مواز لطول الجزء من محيط سطح
الاستنتاج المقابل له . فالكثافة المغناطيسية له في هذه الحالة متساوية على طول
وجه القطب في هذا الفراغ

نلاحظ أن خطوط القوة المغناطيسية عند ما تخرج من وجه القطب سـم
لتصل الى القطب حـم تتخذ أقصر طريق في الفراغ لتدخل في القلب الحديدى
لعضو الاستنتاج لأن مقاومة الوسط لمرور الخطوط المغناطيسية تتناسب
مع الطول (بند ٢٢) وأقصر طريق لمرور الخطوط المغناطيسية من وجه

القطب لسطح عضو الاستنتاج هو الطريق المتعامد على هذا السطح أى المتجه نحو المركز مثل ب أ فى شكل ٥٨



وفيه مبين جزء من وجه القطب وسطح عضو الاستنتاج الحديدى . اذ لو رسمنا من نقطة أ مماساً لمحيط عضو الاستنتاج فهذا المماس يعمل زاوية قائمة مع أ ب ويقطع أى خط آخر مثل ب أ — مرسوم بين الوجه والسطح وفى نفس المستوى — فى جزء منه مثل

(شكل ٥٨)

ب ح وهذا الاخير أكبر من أ ب لأنه وتر للمثلث أ ب ح . وبعد أن تدخل الخطوط المغناطيسية فى قلب الاسطوانة تنقوص فى أثناء سيرها فى القلب أى تأخذ الشكل الدائرى للاسطوانة لير أكبر عدد ممكن من التدفق المغناطيسى فى الحديد وبنفس الطريقة تدخل الخطوط فى القطب ح

نلاحظ مما تقدم أن اتجاه حركة محيط عضو الاستنتاج يكون دائماً متعامداً على اتجاه الخطوط المغناطيسية فى جميع النقط على المحيط المواجهة للقطب . فالقوة الدافعة المتولدة فى هذه الحالة تكون متساوية فى جميع أسلاك عضو الاستنتاج المواجهة للقطب أثناء الدوران ما دامت الكشافة لـ ثابتة على طول أى تساوى لـ \times ل \times س ر (لأن جا هـ = ١) بند ٤٤

وعلى ذلك ينتج لنا أن المنحنى البياني فى شكل ٥٦ للدائرة الخارجية يصير

كالمين بشكل (٥٩)



(شكل ٥٩)

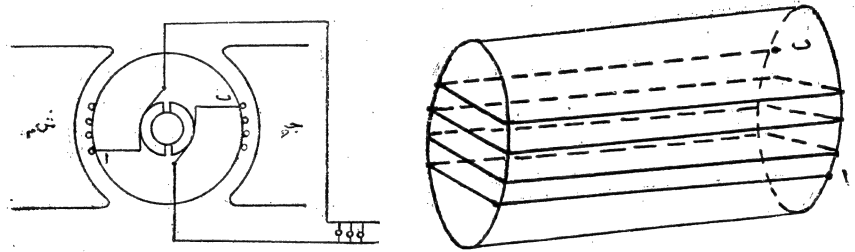
ثانياً — بدلا من استعمال

لفة واحدة كالمبينة بشكل ٤٤

٤٦٦ يمكن أن نلف اللفة جملة مرات حول الاسطوانة الحديد (أو قلب عضو الاستنتاج) قبل أن نصل طرفيها بقطاعى عضو التوزيع

فالقوة الدافعة المتولدة في هذه الحالة تساوى القوة الدافعة المتولدة في كل سلك من أسلاك اللفات القاطعة للخطوط المغناطيسية مضروباً في عدد هذه الأسلاك لأن جميع الاسلاك المواجهة للقطب الشمالى يتولد فيها قوة دافعة في اتجاه واحد معاكس لها في الاسلاك المواجهة للقطب الجنوبى (ويمكن اثبات ذلك بتطبيق قانون فلينج) وعلى ذلك فجميع القوات الدافعة المتولدة فيها تساعد بعضها على دفع التيار الكهربي إلى الخارج

والشكل ٦٠ يبين اربع لفات ملفوفة حول اسطوانة من الحديد



(شكل ٦١)

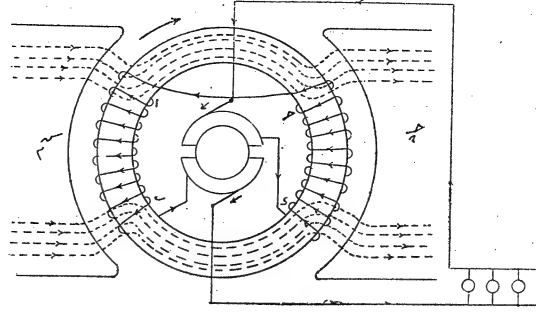
(شكل ٦٠)

فإذا فرضنا أن قطباً شمالياً موضوع أمام الاسلاك المبينة بخطوط في الرسم والقطب الجنوبى أمام الاسلاك المبينة بنقط (أى من الخلف) وإذا دارت الاسطوانة في الاتجاه المبين بالسهم نجد أننا اذا وصلنا طرفى اللفات ٦١ ب بقطاعى عضو توزيع كما هو مبين بشكل ٦١ وهو المستوى الجانبي لشكل ٦٠ (وقد أهملنا رسم عضو التوزيع وكذلك الاقطاب في شكل ٦٠ منعاً للارتباك في تفهمه) فالتيار الكهربي المتولد يخرج من الطرف ١ مثلاً وبعد أن يمر في الدائرة الخارجية عن طريق عضو التوزيع والفرشة الموجبة يرجع عن طريق الفرشة السالبة إلى الطرف ٢ ويمر بجميع اللفات بدافع القوة المتولدة فيها ويمكن تحقيق ذلك بتطبيق قانون فلينج

ويمكننا أن نقرب الى ذهن الطالب فهم ذلك أكثر باستعمال عضو

الاستنتاج حلقى الشكل كشكل ٦٢

وهو مكون من ملفين ١ ب ٦ ح ٢ كل منهما يحتوى على جملة لفات وفي



(شكل ٦٢)

الشكل الملف الاول مواجه للقطب الشمالى والثانى للقطب الجنوبى ومتصلان ببعضهما بالتوالى وملفوفان حول الحلقة بحيث لا يتعارض الفلت المتولد فى كل منهما مع الآخر.

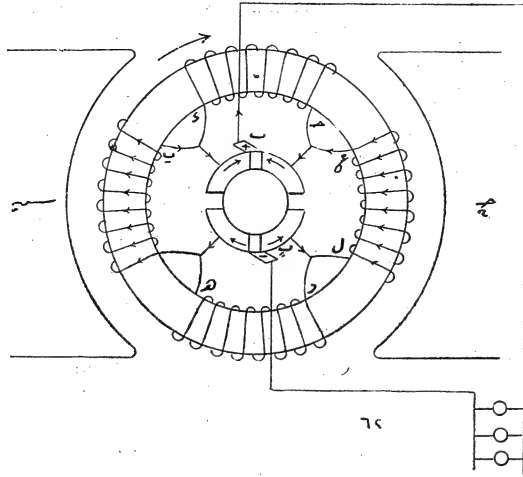
وبتطبيق قانون فلينج لمعرفة سير التيار الكهربائى فى الأسلاك المكونة للقات على سطح الحلقة ينتج لنا سير التيار كما هو مبين واتجاه حركة الدوران مبينة بالسهم المرسوم فى الشكل

ثالثاً — عرفنا مما سبق أن الفلت المتولد باستعمال عضو توزيع مكون من قطاعين من النحاس لا ينعكس فى الدائرة الخارجية (بند ٤٥) ولكنه يهبط لصفر فى كل مرة تقع فيها اللقات فى المنطقة الخالية من الخطوط المغناطيسية وهى الفراغ بين القطبين حيث الخطوط المغناطيسية فيه معدومة تقريباً لانحرافها عنه فى اتجاه متعامد على سطح عضو الاستنتاج وسيرها فى القلب الحديدى كما سبق لنا شرح ذلك (بند ٤٧)

ولكن يمكننا أن نجعل الفلت فى مجموعه ثابتاً فى الدائرة الخارجية وذلك بأن نعدد اللقات (مثل ١ ٦ ٥) على سطح عضو الاستنتاج ثم نزيد قطاعات عضو التوزيع بحيث أن كل طرف فى ملفين يوصلان بالقطاع المقابل لهما على عضو التوزيع بالطريقة المبينة بشكل ٦٣

وهو مكون من أربع ملفات ١ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ وهو عضو توزيعه

مكون من أربع قطاعات كما هو واضح من الرسم في الوضع المرسوم فيه



(شكل ٦٣)

الدينامو نلاحظ أن الملفين

ح و د و ب و ج بعيدان عن

المنطقة المغناطيسية فلا

تتولد فيهما أى قوة دافعة

ولكن الملفين ا ب

و ل ع مواجهان للقطين

س م و ج و د وعلى ذلك

تتولد في كل منهما قوة

دافعة مضادة للآخرى

ومساوية لها لتساوى عدد اللفات في كليهما

فاذا وصلنا طرفي الفرشتين ب و ج ب — وقد جعلنا سمك كل منهما بحيث

أنها تغطي القطاعين النحاسيين الموضوعتين عليهما كما في الشكل — بدائرة مصاييح

مثلاً وطبقنا قانون فلينج لمعرفة سير التيار المتولد نجد أن التيار يخرج من الفرشة

ب من طرفي الملفين ع و د ويرجع عن طريق الفرشة الثانية ب و ويوزع

بالتساوى على الملفين من الطرفين الآخرين لهما ل و ا

أى أنه يمكننا أن نعتبر الملفين المتولد فيهما القوة الدافعة متصلين بالتوازي

بعضهما بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فيهما

يتضح لنا مما تقدم أن القوة الدافعة المتولدة في الملفين ا ب و ل ع أثناء

دوران عضو الاستنتاج لا تتساوى مطلقاً في أى وضع من أوضاعها بالنسبة

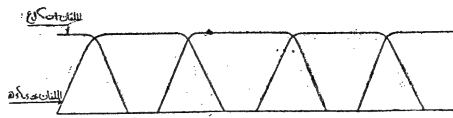
للاقطاب مع القوة الدافعة المتولدة في الملفين ح و د و ب و ج

ففي الوضع المبين نجد أن القوة الدافعة المتولدة في الملفين ح و د و ب و ج

تساوى صفراً كما قلنا ولكنها تساوى أقصى ما يمكن في الملفين ا ب و ل ع

وذلك لمواجهة هذين الآخرين للاقطاب

والمنحنى البياني للقوة الدافعة الكهربائية في الدائرة الخارجية المبين في



شكل (٦٤) يدلنا على أنه كلما

عددنا اللفات الملفوفة حول

عضو الاستنتاج وكذلك قطاعات

(شكل ٦٤)

عضو التوزيع كلما أمكننا زيادة الفلت المتولد وكلما كان هذا الفلت قريباً

من أن يكون ثابت القيمة

رابعاً — بما أن القوة الدافعة المتولدة حسب قانون فرداي تساوى عدد

خطوط القوة المغناطيسية المقطوعة في الثانية الواحدة الخ

إذاً كلما أ كثرنا من عدد الاقطاب المواجهة لسطح عضو الاستنتاج كلما

زادت القوة الدافعة المتولدة

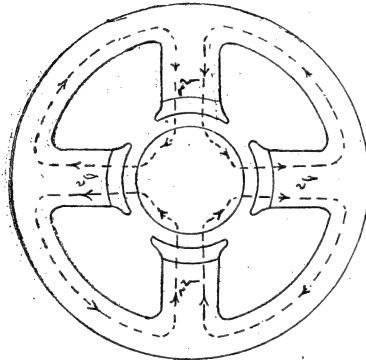
والشكل (٦٥) يبين دينامو ذى أربعة أقطاب متتالية

وقد رتبت الأقطاب بحيث أن الخطوط

المغناطيسية لا تتعارض أثناء سيرها من الاقطاب

الشمالية الى الاقطاب الجنوبية كما يلاحظ

ذلك من الشكل



ولكن عدد الاقطاب مقيد بجملة عوامل

مثل محيط عضو الاستنتاج لأن زيادة عدد

الاقطاب المحيطة بعضو الاستنتاج سيؤدى الى

(شكل ٦٥)

تصغير مساحة وجه كل قطب . خصوصاً وأن الفراغ بين وجه القطب وسطح

عضو الاستنتاج يجب أن يكون ضيقاً جداً على قدر المستطاع حتى لا تجد خطوط

القوة المغناطيسية مقاومة كبيرة في اختراقها هذا الفراغ ويضطر الحال لزيادة أمبير

لفات عضو التوليد (أو التنبيه) مما يزيد في تكاليف التصميم وكلما صغرنا مساحة

وجه القطب كلما قل التدفق المغناطيسى الناتج عن قوة دافعة مغناطيسية ١ و أمبير

لفات محدودة

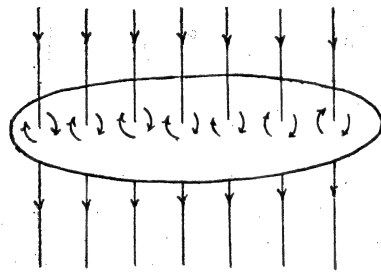
كذلك عدد الاقطاب مقيد بالفلت اللازم توليده من الدينامو وكذلك
لفات عضو الاستنتاج وسرعة الدوران
كل هذه عوامل يجب مراعاتها في التصميم

الفصل الثالث

عضو الاستنتاج . عضو التوحيد . الفرش

التيارات الاعصارية

بند ٤٨ — التيارات الاعصارية هي التي تتولد في الألواح المعدنية عند ما
تقطع بمستويها أى خطوط مساحة مغناطيسية في اتجاه متعامد عليها
ولم تخرج نظرية هذه التيارات عن قانون فرداي وهو أن كل موصل
يتحرك في ساحة مغناطيسية بحيث أن طوله واتجاه حركته يكونان متعامدين
على خطوط قوة الساحة تتولد فيه قوة دافعة كهربائية. ولو كوّن الموصل جزءاً من
دائرة خارجية من تيار كهربائي بدافع هذه القوة المستنتجة



(شكل ٦٦)

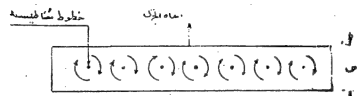
والاشكال المرسومة تبين لنا ذلك
فشكل (٦٦) عبارة عن قرص من
أى معدن مثل الاليومنيوم مثلاً يدور
في ساحة مغناطيسية كالمبينة خطوطها
وهي متعامدة على مستوى القرص

فعند دوران القرص سيقطع

بمستويه خطوط القوة المغناطيسية فيتولد حول كل خط من خطوط القوة على
القرص تيار كهربائي يمر بشكل دوامة حوله كما هو مبين
ويمكن أن نعتبر القرص مكوناً من جملة أسلاك دائرية تقطع أثناء دورانها

خطوط القوة المغناطيسية فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية تسبب تياراً كهربائياً يدور فيها حول الخطوط

وقد برهنا في بند (٣٩) أن هذه القوة الدافعة المستنتجة هي نتيجة تغيير الطاقة الميكانيكية اللازمة لتحريك القرص ضد الخطوط المغناطيسية الى طاقة كهربائية وهذه الاخيرة تصرف في القرص في صورة حرارية

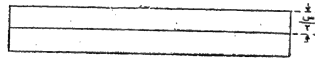


(شكل ٦٧)

وشكل (٦٧) عبارة عن لوح من المعدن سمكه يساوى s وقاطع لجملة خطوط قوة مغناطيسية (مبين قطاعها في شكل نقط)

فاذا حركنا اللوح المعدن في اتجاه متعامد على الخطوط كالمبين بالسهم وفرضنا أن القوة الدافعة المستنتجة في اللوح نتيجة قطعه للخطوط = \mathcal{E} فلت وأن مقاومة طريق سير التيارات الاعصارية حول الخطوط = R

$$\text{فالقذرة المنصرفة في اللوح} = \frac{\mathcal{E}^2}{R} \text{ وات}$$



(شكل ٦٨)

فاذا نصفنا هذا اللوح في اتجاه مواز لخطوط القوة كما هو مبين بشكل ٦٨

$$\frac{\mathcal{E}}{2} = \text{فالقوة المتولدة الدافعة للتيارات الاعصارية حول خطوط القوة}$$

بفرض أن سرعة الحركة لم تتغير

ولكن المقاومة لمرور التيار الكهربائي الاعصاري تضاعفت = $2R$

$$\therefore \text{القذرة المنصرفة في كل منهما} = \left(\frac{\mathcal{E}}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2R}$$

ولو جزأنا اللوح الى جملة أجزاء عددها n مثلاً

$$\frac{س}{ع} = \text{فسمك كل جزء}$$

فالقوة الدافعة للتيارات الاعصارية تضعف بمقدار $\frac{1}{ع}$ من قيمتها في اللوح كله أى الذى سمكه س سم

$$\frac{ص}{ع} = \text{إذا القوة الدافعة فى كل جزء}$$

والمقاومة تتضاعف بمقدار عدد الأجزاء $ع = م$

$$\frac{ص^2}{ع \times م} = \frac{1}{ع} \times \left(\frac{ص}{ع} \right)^2 = \text{فالقوة المنصرفة فى كل جزء}$$

$$\frac{ص^2}{ع \times م} = ع \times \frac{ص^2}{ع \times م} = \text{والقدرة المنصرفة فى جميع الاجزاء}$$

$$\frac{ص^2}{م} = \text{ولكن قبل تجزئة اللوح كانت القدرة المنصرفة}$$

ومعنى ذلك أنه بتقسيم سمك اللوح الى أجزاء متساوية سمك كل منها $\frac{1}{ع}$

من السمك الكلى تقل القدرة المنصرفة بنسبة $\frac{1}{ع}$ من القدرة قبل التقسيم

نستنتج من ذلك أن القدرة المنصرفة فى الألواح نتيجة التيارات الاعصارية تتناسب تناسباً طردياً مع مربع سمك اللوح

وكذلك يمكننا أن نبرهن أن القدرة المنصرفة تتناسب تناسباً طردياً مع سرعة حركة اللوح أو القرص القاطع لخطوط القوة المغناطيسية لأن السرعة اذا تضاعفت فأن القوة الدافعة تتضاعف أيضاً (قانون فرداى)

وبما أن القدرة تتناسب تناسباً طردياً مع مربع الضغط إذاً تتناسب مع مربع السرعة

وهذه التيارات الاعصارية غير مرغوب فيها في قلب عضو استنتاج الدينامو لأن الطاقة الكهربائية المنصرفة في قلب عضو الاستنتاج في صورة حرارية نتيجة التيارات الاعصارية هي جزء من الطاقة الكهربائية الكلية المتولدة في الدينامو وقد كان يمكننا الانتفاع بها لولا انصرافها في القلب

لذلك تعتبر الطاقة الكهربائية المنصرفة في قلب عضو الاستنتاج إحدى مفاوئد الدينامو وعلى ذلك يجب تلافيها بقدر المستطاع خصوصاً وأنها تسخن عضو الاستنتاج لدرجة ربما أدت لاحتراق المادة العازلة حول الاسلاك لذلك يحزأ قلب عضو الاستنتاج الحديد إلى ألواح رقيقة مستوية موازية لاتجاه الخطوط المغناطيسية المتشعبة من عضو التوليد وسلك كل لوح منها من ٥ إلى ٦ ملميمتر ومعزولة عن بعضها بمادة من الورنيش فتقل التيارات الاعصارية وعلى ذلك يقل المفقود بسببها

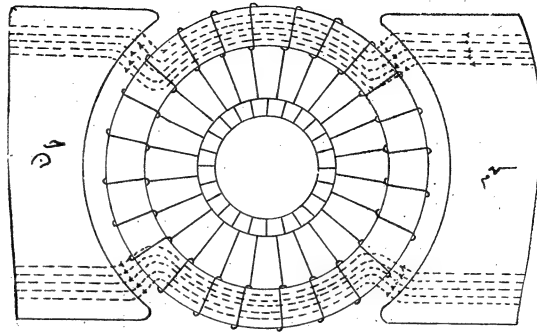
قلب عضو الاستنتاج

بند ٤٩ — يوجد نوعان لقلب عضو الاستنتاج الأول — ذو شكل حلقى وهو أول ما اخترع. ويسمى الدينامو الذى من هذا النوع بدينامو جرام نسبة لمخترعه

وشكل ٦٩ عبارة عن دينامو جرام وهو مكون من عضو التوليد س م ٦ ح وعضو استنتاجه عبارة عن حلقة من الحديد ملفوف عليها جملة لفات من سلك نحاس معزول وهذه اللفات مقفولة على نفسها كما فى الشكل

واللفات متصلة بقطاعات عضو التوحيد كما هو مبين يلاحظ عند دوران عضو الاستنتاج أن الاسلاك القاطعة للخطوط المغناطيسية هي الملفوفة على السطح الخارجى للحلقة فقط

أما التي على السطح الداخلي فلا تقطع مطلقاً أى خطوط مغناطيسية الا ما هرب منها في الهواء نتيجة تشبع الحلقة الحديد



(شكل ٦٩)

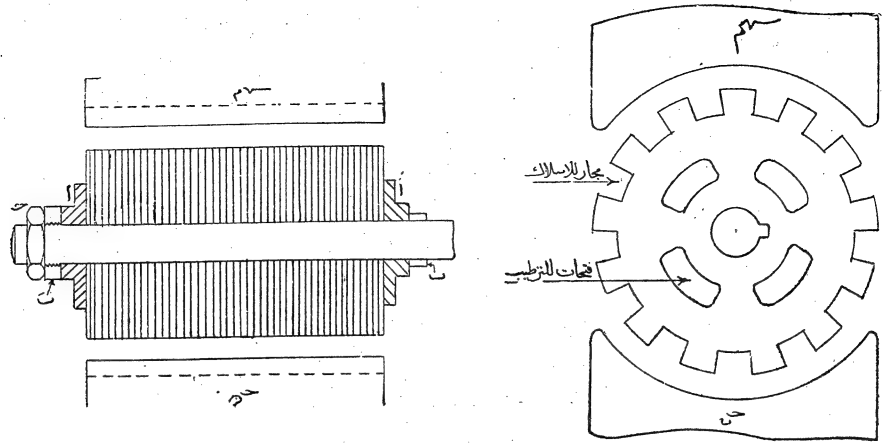
لذلك لا تتولد أى قوة دافعة في الاسلاك التي على السطح الداخلي وهذا مما جعل المفكرين يبحثون على اختراع آخر لشكل عضو الاستنتاج للارتفاع بجميع الاسلاك الملفوفة حول القلب

الثاني — وهو ما توصل اليه المخترعون ويسمى بعضو الاستنتاج ذي القلب الاسطوانى لان القلب عبارة عن اسطوانة من الحديد ملفوف عليها اللفات

وهذا النوع يمتاز عن الاول بأن جميع الاسلاك ملفوفة على سطح الاسطوانة ولذلك ينتفع بها كلها لانها تقطع جميعها الخطوط المغناطيسية أثناء الدوران وعلى ذلك اذا تساوى عدد اللفات والسرعة وعدد الاقطاب والتدفق المغناطيسى في كل قطب في النوعين فالقوة الدافعة المتولدة في النوع الاول تساوى نصف قيمتها في النوع الثاني

وشكل ٧٠ يبين قلب عضو استنتاج اسطوانى موضوع بين قطبي مغناطيس وهو مكوّن من ألواح رقيقة من الحديد المطاوع المخمر أو الصلب الطرى ومستوى هذه الألواح موازٍ لاتجاه الخطوط المغناطيسية ومعزولة عن بعضها بمادة من الورنيش حتى يقل مفقود التيارات الاغصارية (بند ٤٨)

وعادة في تصميم عضو الاستنتاج ذى القطر الصغير توضع الألواح الرقيقة



(شكل ٧٠)

على المحور مباشرة وتثبت في موضعها بواسطة تيسلة مثبتة على طول القلب وموضوع في نهايتى القلب شفتان من الزهر ١٦١ شكل ٧٠ والشفة ١ توضع فى المحور أولاً ضد الرقبة المثبتة فى المحور بطريق السبك وبعد ذلك تجمع الألواح على المحور ضد الشفة ١ وبعد كبسها تماماً توضع الشفة الزهر الثانية ٢ ثم تثبت فى موضعها بواسطة رقبة مقلوطة ب وهذه الأخيرة تمنع من الحركة بواسطة صامولة زنق ح

وقد ذكرنا أن سمك اللوح يتراوح بين ٠,٦٦٥,٦٦٥ ملليمتر

قوة السم على أسلاك عضو الاستنتاج

بند ٥٠ — القوة المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربي فى

أسلاك عضو الاستنتاج ومغناطيسية عضو التوليد
$$F = \frac{\mu}{10} \times L \times I \times I$$
 دالين لكل

سلك (راجع بند ٩٣)

بفرض أن $L =$ الكثافة المغناطيسية للتدفق المغناطيسى لعضو التوليد

٦ ل = طول السلك القاطع للخطوط بالسنتيمتر

٦ س = شدة التيار الكهر بأى المتولدة فى السلك بالأمبير

وهذه القوة المتولدة تؤثر على السلك فى اتجاه مضاد لحركته مادام التيار الكهر بأى فى السلك يتولد نتيجة قطع السلك لخطوط الساحة المغناطيسية كما هو الحال فى الديناموات

لذلك يجب أن توضع أسلاك عضو الاستنتاج فى مجارٍ حتى لا تؤثر عليها قوة الشد المعرضة لها أثناء الحركة فلا تنزلق عن مكانها كما هو مبين بشكل ٧٠ مثال ذلك

إذا كان طول كل سلك من أسلاك عضو الاستنتاج القاطع للتدفق المغناطيسى = ٤٠ سنتيمتر والتيار المتولد فى السلك نتيجة قطعه للخطوط = ١٠٠ أمبير فما هى قوة الشد على السلك إذا كانت الكثافة المغناطيسية = ٨٠٠٠ خط لكل سنتيم^٢
الحل : —

$$\text{قوة الشد} = ٤٠ \text{ سنتيمتر} \times ٨٠٠٠ \text{ خط} \times \frac{١٠٠ \text{ أمبير}}{١٠ \text{ دايين}}$$

$$= ٣٢٠٠٠٠٠ \text{ دايين}$$

$$= \frac{٣٢٠٠٠٠٠}{٩٨١ \times ١٠٠٠} = ٣,٢ \text{ كيلوجرام}$$

تقرير القوة الدافعة المتولدة فى الدينامو

بند ٥١ — نفرض أن ت = التدفق المغناطيسى المتشعب من كل قطب من أقطاب دينامو

٦ د = عدد دورات عضو الاستنتاج فى الدقيقة

٦ ف = عدد اللفات على عضو الاستنتاج

٦ ز = عدد أزواج أقطاب عضو التوليد
 ٦ ح = عدد دوائر أسلاك عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة
 الدافعة المتولدة (الفصل الرابع من هذا الباب)
 وبما أن القوة الدافعة المتولدة في كل سلك من أسلاك عضو الاستنتاج أثناء
 دوران هذا الأخير = عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة بالسلك في الثانية
 الواحدة (قانون فرداي)

إذاً القوة الدافعة المتولدة في كل سلك أثناء دورانه $\frac{5}{60}$ دورات في الثانية
 الواحدة = التدفق المغناطيسي الكلى المقطوع بالسلك في الثانية
 والتدفق المغناطيسي الكلى المقطوع بالسلك عند دورانه دورة واحدة
 = التدفق المغناطيسي المتشعب من كل قطب \times عدد الأقطاب
 = $٢ \times ز$ (لأن عدد الأقطاب = ضعف عدد الأزواج)
 إذاً التدفق المقطوع بالسلك في الثانية الواحدة = التدفق المقطوع في الدورة
 الواحدة \times عدد الدورات في الثانية

$$= ٢ \times ز \times \frac{5}{60} = \text{القوة الدافعة المتولدة بالوحدات المطلقة في السلك}$$

$$\text{الواحد} = \frac{٢ \times ز}{٨١٠} \times \frac{5}{60} \text{ فلت في السلك الواحد}$$

وبما أن كل لفة من لفات عضو الاستنتاج تحتوى على سلكين قاطعين
 للتدفق المغناطيسى

إذاً عدد الاسلاك = ضعف عدد اللفات = $٢ ف$
 ولكن عدد مجموعات الاسلاك المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة

$$= ح.$$

وعند حساب القوة الدافعة المؤثرة في الدوائر الخارجية يجب أن نحسب ما يتولد في مجموعة واحدة كما هو الحال في البطاريات المتصلة بالتوازي ببعضها

$$\text{وبما أن عدد الاسلاك في كل مجموعة} = \frac{٢ \text{ ف}}{٥}$$

$$\text{إذا القوة الدافعة المتولدة} = ٢ \times ١٠ \times \frac{٥}{٦٠} \times \frac{٢ \text{ ف}}{٥} \text{ فلت}$$

مثال ذلك

إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية اللازم توليدها في عضو استنتاج دينامو ذى ثمانية أقطاب هي ٥٥٠ فلت وعدد الدورات في الدقيقة = ٢٤٠ دورة فما هو التدفق المغناطيسى في كل قطب إذا كان عدد مجارى عضو الاستنتاج الموضوع فيها الاسلاك = ٢٧٢ مجرى وعدد الاسلاك في كل مجرى = ٦ وكان عدد مجموعات الاسلاك المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ٨

الحل :

$$\text{عدد الاسلاك الكلية} = ٦ \times ٢٧٢ = ١٦٣٢ \text{ سلك}$$

$$\text{عدد الاسلاك في كل مجموعة} = \left(\frac{٢ \text{ ف}}{٥} \right) = \frac{١٦٣٢}{٨} = ٢٠٤ \text{ سلك}$$

$$٥٥٠ \text{ فلت} = ٨ \times \text{أقطاب} \times \frac{٢٤٠ \text{ دورة}}{٦٠} \times ١٠ \times ٢٠٤ \text{ سلك}$$

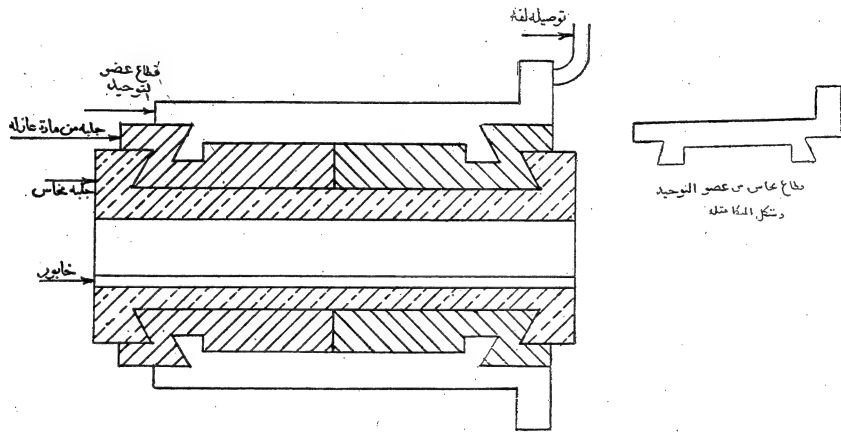
$$\text{إذا } ٨ \times ٢٤٠ \times ١٠ \times ٢٠٤ = ٨٤٠٠٠٠٠ = \frac{١٠ \times ٦٠ \times ٥٥٠}{٢٠٤ \times ٢٤٠ \times ٨}$$

$$= ٨,٤ \text{ ميغا خط (لان ميغا معناها مليون)}$$

عضو التوجيه

بند ٥٢ — مركب من قطاعات من النحاس معزولة عن بعضها بمادة عازلة وهي الميكا وأيضاً معزولة عن الجلبة التي على محور الدوران بجلبة أخرى من مادة عازلة مثل الخشب كما هو مبين بشكل ٧١

وقطر عضو التوزيع لا يقل عن ثلاثة أرباع قطر عضو الاستنتاج وعرض كل قطاع يتراوح بين ٢,٣ الى ٣,٣ مضافاً اليه سمك الميكا العازلة بقدر ٠,٣



(شكل ٧١)

الفرش

بند ٥٣ — كانت الفرش المستعملة في الوقت الغابر تصنع من النحاس بشكل شبكي أو بشكل صفائح رقيقة مضغوطة ببعضها ولكن ظهر أن هناك نقصاً كبيراً في استعمال هذه الفرش . أولاً لان قطاعات نحاس عضو التوزيع لا تتحمل من الوجهة الميكانيكية الاحتكاك الحاصل عليها من الفرش النحاسية بل لوحظ أنها تتآكل بسرعة ولذلك توجد

صعوبة كبيرة في حفظ قطاعات عضو التوحيد سليمة من تأثير الشرر الحاصل بين سطحى الفرشة والقطاعات المغطاة بها لوجود ثغرات هوائية بينهما نتيجة هذا التآكل

وثانياً لأن المقاومة لمروور التيار الكهربائى بين السطحين المتلامسين من الفرشة النحاسية وقطاعات عضو التوحيد صغيرة جداً . وهذا مما يؤدى لزيادة الشرر بين السطحين أثناء توزيع التيار الكهربائى فى الخارج لأسباب مذكورة فى الفصل الثانى من الباب الرابع . لذلك تصنع الفرش الآن من الكتل الناشفة المكوّنة من الكربون الممزوج بالجرافيت لأنها تكوّن مادة زيتية على سطح عضو التوحيد يمنع أى تآكل . ولو أن تلك المادة تستلزم عناية خاصة لازالتها بالصنفرة بواسطة العامل المنوط بذلك أثناء الشغل . ولذلك فزيادة مقاومة الكربون عن النحاس يساعد على منع الشرر بين السطحين المتلامسين

ولكن فى الديناموات المستمدة حركتها من التربينات تستعمل عادة فرش مكوّنة من سبائك معدنية داخلها النحاس

وكثيراً ما تستعمل أيضاً هذه الفرش مع الفرش الكربونية فى وقت واحد وقد لوحظ أن ارتفاع مقاومة احتكاك الفرش الكربونية على قطاعات عضو التوحيد يسبب فقداً كبيراً فى الديناموات ذات السرعة المحيطية الكبيرة لعضو التوحيد . أى التى تتعدى ١٥ متر فى الثانية

لذلك تبخر الكتل الكربونية بالشمع البرافينى لاستعمالها فى ذلك .

حامل الفرش

بتد ٥٤ — يصمم حامل الفرش بحيث أن الفرشة تلامس تلامساً تاماً سطح عضو التوحيد . وهذا التلامس يجب أن يكون بطريقة زنبلكية حتى اذا تآكل جزء من سطح الفرشة الملامس للقطاعات لا يترك فراغاً بينه وبين هذه القطاعات

وذلك بتأثير الزنبرك . كذلك يجب تصميم حامل الفرشة بحيث أنه يكون قابلاً

للحركة إذا أريد تقديم أو تأخير

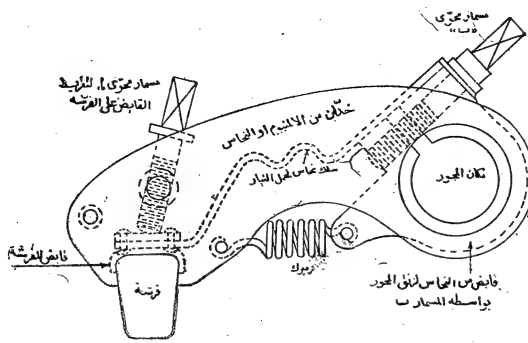
الفرش على سطح عضو

التوحيد في ناحية الدوران أو

عكسها طبقاً للأسباب المسببة

في الفصل الثاني من الباب

الرابع



(شكل ٧٢)

والشكل ٧٢ يبين حامل

فرش بسيط وهو مخصص للفرش الكربونية

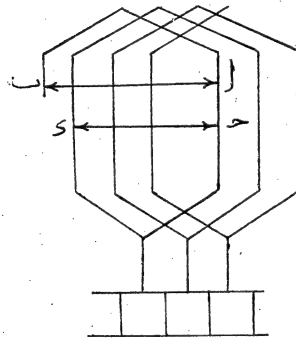
المقاومة والكثافة في الفرش

بند ٥٥ - المقاومة بين الفرشة وقطاعات عضو التوحيد تتراوح بين ٠.٠٠٧٨ و ٠.٠٢٣٦ ر إذا كانت نحاسية وبين ٠.٢٣ ر و ٠.٣٨ ر إذا كانت كربونية وكثافة التيار الكهربائي في الفرشة تتراوح بين ١٣٠ و ٢٠٠ أمبير لكل بوصة مربعة من سطح الفرشة الملامس للقطاعات . إذا كانت الفرشة نحاسية . وبين ٣٠ و ٤٠ أمبير إذا كانت كربونية

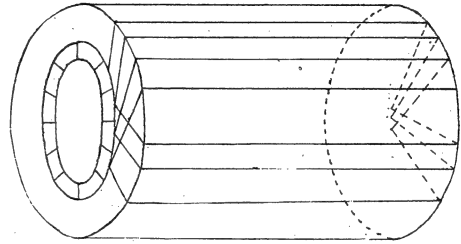
الفصل الرابع

طرق لف اعضاء الاستنتاج الديناموات

بند ٥٦ — لف أسلاك عضو الاستنتاج طريقتان رئيسيتان : —
الطريقة الأولى — تسمى بالطريقة الانطباقية وهي أن نبدأ باللف بحيث
إذا ابتدأنا بقطاع من قطاعات عضو التوزيع ومررنا على عدد من المجارى نرجع
الى المجرى المجاورة للمجرى الأول كما فى شكل ٧٣
وهو يبين لف جزء من الاسلاك حول



(شكل ٧٤)



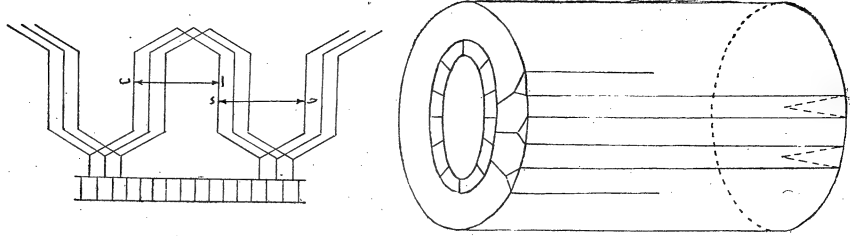
(شكل ٧٣)

عضو الاستنتاج الاسطوانى (ولم نبين بالرسم المجارى الموضوعة فيها الاسلاك)
وكيفية اتصالها بقطاعات عضو التوحيد . وشكل ٧٤ يبين الشكل الانفرادى
لشكل ٧٣

الطريقة الثانية — تسمى بالطريقة الانفرادية أو التوجيهية وهي أن نصل
الاسلاك ببعضها بحيث إذا ابتدأنا فى اللف من احدى المجارى ومررنا على عدد
من المجارى لا نرجع باللف بل نمر على مجرى آخر فى نفس الاتجاه الأول كما فى
شكل ٧٥ ، ٧٦

الخطوة — هى المسافة بين وصلتي كل سلكين على عضو الاستنتاج يتكون
منهما لفة واحدة

ويعبر عنها بعدد الاسلاك المتفرعة في قلب اللفة



(شكل ٧٦)

(شكل ٧٠)

في اللفات الانطباقية (شكل ٧٤) ب عبارة عن الخطوط الخلفية لأن وضعها في خلف الاسطوانة . وعلى حسب الرسم تحتوى على أربعة أسلاك ٦ ح و (في نفس الشكل) عبارة عن الخطوة الأمامية لأن وضعها من الامام حيث تتصل كل لفة منها بقطاع من قطاعات عضو التوحيد وتحتوى على حسب الرسم على ثلاثة أسلاك

وكذلك في شكل ٧٦ ب عبارة عن الخطوة الخلفية وتحتوى حسب الرسم على ثلاثة أسلاك ٦ ح و الخطوة الامامية وتساوى حسب الرسم الخطوة الخلفية أى تحتوى على ثلاثة أسلاك أيضاً

ويشترط عند لف عضو الاستنتاج

أولاً — أن لا تتعارض الأسلاك مع بعضها أثناء اللف

ثانياً — أن تقفل اللفات على نفسها بعد ملء جميع المجارى على سطح عضو

الاستنتاج بها وليس قبل ذلك

وللوصول لهذين الشرطين يجب اتباع القوانين الآتية

قانون اللف الانطباقى

بند ٥٧ — نفرض أن
$$و = \frac{\text{عدد المجارى}}{\text{عدد الاقطاب}}$$
 ويعبر عنه بمتوسط الخطوة

ويشترط في متوسط الخطوة أن تكون زوجية
لذلك يجب أن نختار عدد الاسلاك بحيث تنتهي بهذه النتيجة

$$\left. \begin{array}{l} \text{الخطوة الامامية} = 1 \pm 1 \\ \text{الخطوة الخلفية} = 1 \mp 1 \end{array} \right\} \text{أى أن الخطوتين يجب أن يكونا فرديتين}$$

إذا اتبعنا هذا القانون أمكننا لف عضو استنتاج دينامو بالطريقة الانطباقية
بالشروط السابقة (بند ٥٦)

مثال ذلك — المطلوب لف عضو استنتاج دينامو ذى أربعة أقطاب بطريقة
اللف الانطباقى إذا كان عدد المجارى ٢٤ وكذلك عدد الاسلاك وعدد قطاعات
التوحيد ١٢

الحل

$$\text{متوسط الخطوة} = \frac{\text{عدد المجارى}}{\text{عدد الاقطاب}} = \frac{24}{4} = 6$$

$$\text{الخطوة الامامية} = 1 \pm 6 = 7 \text{ أو } 5$$

$$\text{الخطوة الخلفية} = 1 \mp 6 = 5 \text{ أو } 7$$

إذاً توجد طريقتان لحل هذه المسألة

$$(1) \text{ أن تكون الامامية } 7 \text{ والخلفية } 5$$

$$(2) \text{ أن تكون الامامية } 5 \text{ والخلفية } 7$$

ولأجل لف عضو الاستنتاج نضع حل سلك فى مجرى ونرتب المجارى بحيث
إذا اعتبرنا احداها نمرة ١ نكتب على الباقيين نمرهم حسب هذا الترتيب الى أن
نصل لآخر مجرى وهو ٢٤ فى هذه المسألة

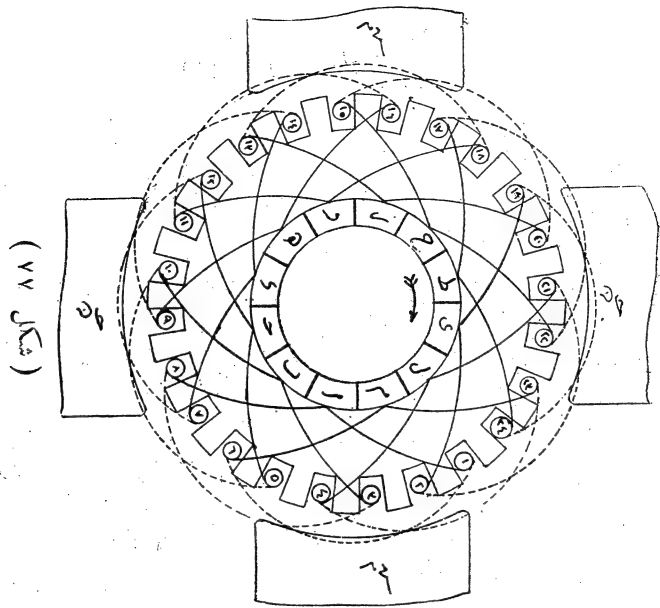
والجدول الآتى يبين كيفية التوصيل بالطريقة الثانية . والشكل ٧٧ ٧٨ ٦

يبينان كيفية اللف حسب هذا الجدول . والثانى عبارة عن انفراد الاول

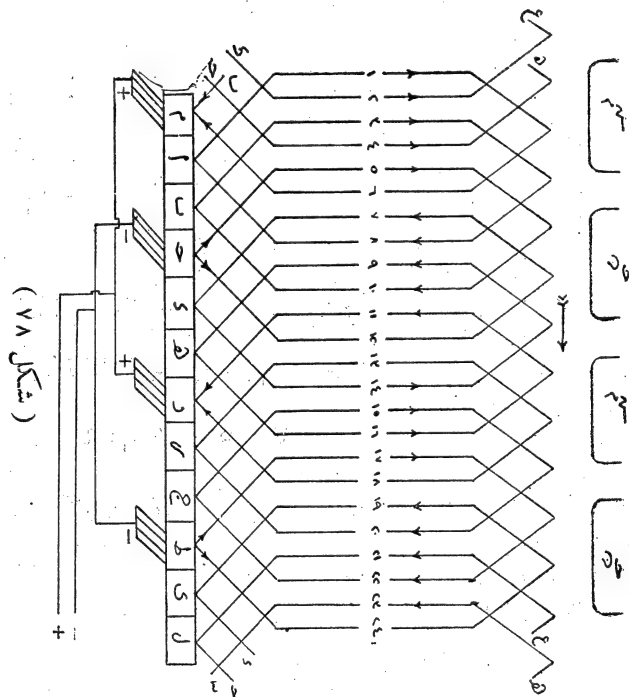
الامامية = ٧	الخلفية = ٥	الامامية = ٧	الخلفية = ٥
٨ — ١	٣ — ٨	٢٠ — ١٣	١٥ — ٢٠
١٠ — ٣	٥ — ١٠	٢٢ — ١٥	١٧ — ٢٢
١٢ — ٥	٧ — ١٢	٢٤ — ١٧	١٩ — ٢٤
١٤ — ٧	٩ — ١٤	٢ — ١٩	٢١ — ٢
١٦ — ٩	١١ — ١٦	٤ — ٢١	٢٣ — ٤
١٨ — ١١	١٣ — ١٨	٦ — ٢٣	١ — ٦

ملحوظة — اذا جعلنا مقدار الخطوتين — الامامية والخلفية — في المثل السابق زوجيتين بدلا من فرديتين مثل ٤ ٦ ٨ نجد أننا نصل الى المجرى ٩ مرتين في حين أنه توجد مجارٍ كثيرة لم يمر بها الملف فعلى ذلك يعتبر اللف غير صحيح لعدم استيفاء الشرط الثانى من بند ٥٦

لذلك يجب أن تكون كل من الخطوتين فرديتين



و ادخل

$$Y = \vec{a} \cdot \vec{b}$$


قانون اللف المتوحي

بند ٥٨ — متوسط الخطوة في اللغات التوجيهية = $\frac{\text{عدد المجارى} \pm ٢}{\text{عدد الاقطاب}}$ و

يجب أن تكون كل من الخطوة الامامية والخلفية فردية
فاذا كان متوسط الخطوة و. فردية كانت الامامية = الخلفية = متوسط
الخطوة .

واذا كان متوسط الخطوة و. زوجية

فالامامية = و ± ١ والخلفية = و ∓ ١

مثال ذلك

انفرض أن عدد المجارى ٢٢ وفي كل مجرى سلك واحد وأن عدد الاقطاب

= ٤

الحل :

$$\text{متوسط الخطوة} = \frac{٢٢ \pm ٢}{٤} = ٦ \text{ أو } ٥$$

فاذا أخذنا العدد الفردى كانت الخطوة الامامية = ٥ والخلفية = ٥

والا كانت الامامية = ٦ ± ١ = ٧ أو ٥

والخلفية = ٦ ∓ ١ = ٥ أو ٧

والشكلان ٧٩ و ٨٠ يبينان طريقة اللف حسب الجدول الآتى والثانى منهما

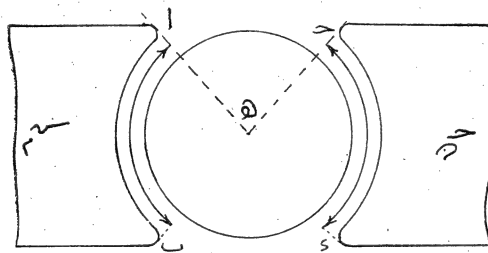
عبارة عن انفرد الاول

والجدول الآتي يبين مقدار الخطوات باعتبار الامامية ٥ والخلفية ٥

الخلفية = ٥	الامامية = ٥	الخلفية = ٥	الامامية = ٥
٦ — ١	١١ — ٦	٢٢ — ١٧	٥ — ٢٢
١٦ — ١١	٢١ — ١٦	١٠ — ٥	١٥ — ١٠
٤ — ٢١	٩ — ٤	٢٠ — ١٥	٣ — ٢٠
١٤ — ٩	١٩ — ١٤	٨ — ٣	١٣ — ٨
٢ — ١٩	٧ — ٢	١٨ — ١٣	١ — ١٨
١٢ — ٧	١٧ — ١٢		

القرص القطبي والخطوة القطبية

بند ٥٩ — القرص القطبي عبارة عن طول وجه القطب الموازي لمحيط عضو

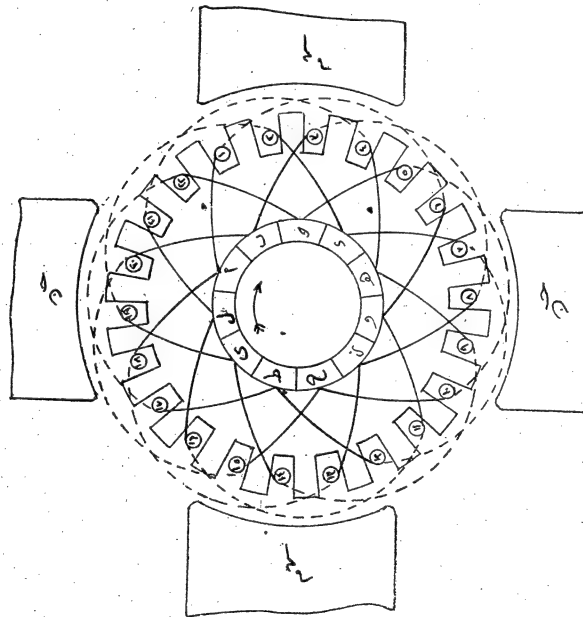


الاستنتاج مثل اب ح وشكل ٨١
ويعبر عن طول القوس
القطبي ب ا مضافاً اليه طول
الفراغ بين القطبين ا ح بالخطوة
القطبية أى تساوى ب ح

(شكل ٨١)

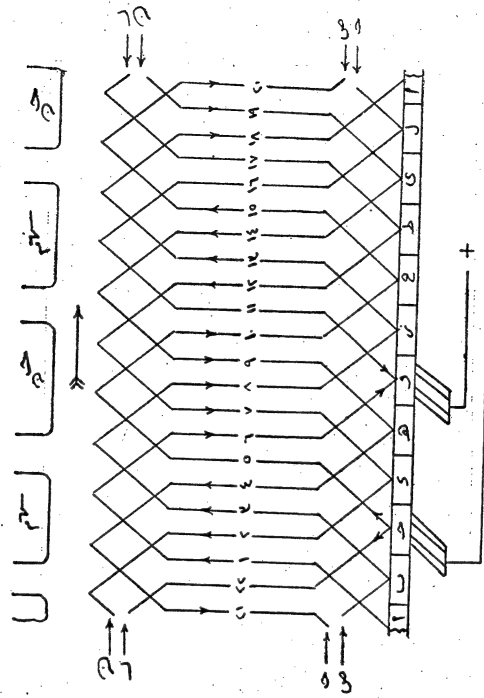
وقد سبق أن عرفنا أن الاسلاك المواجهة للفراغ ح ا أى المحصورة بين الزاوية
هـ — وهى المنطقة الخالية من خطوط القوة المغناطيسية — لا تتولد فيها
قوة دافعة

أى أن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع أسلاك عضو الاستنتاج المواجهة
للاقطاب . أى أنها تتناسب مع اتساع وجه القطب . اذ كلما كان وجه القطب



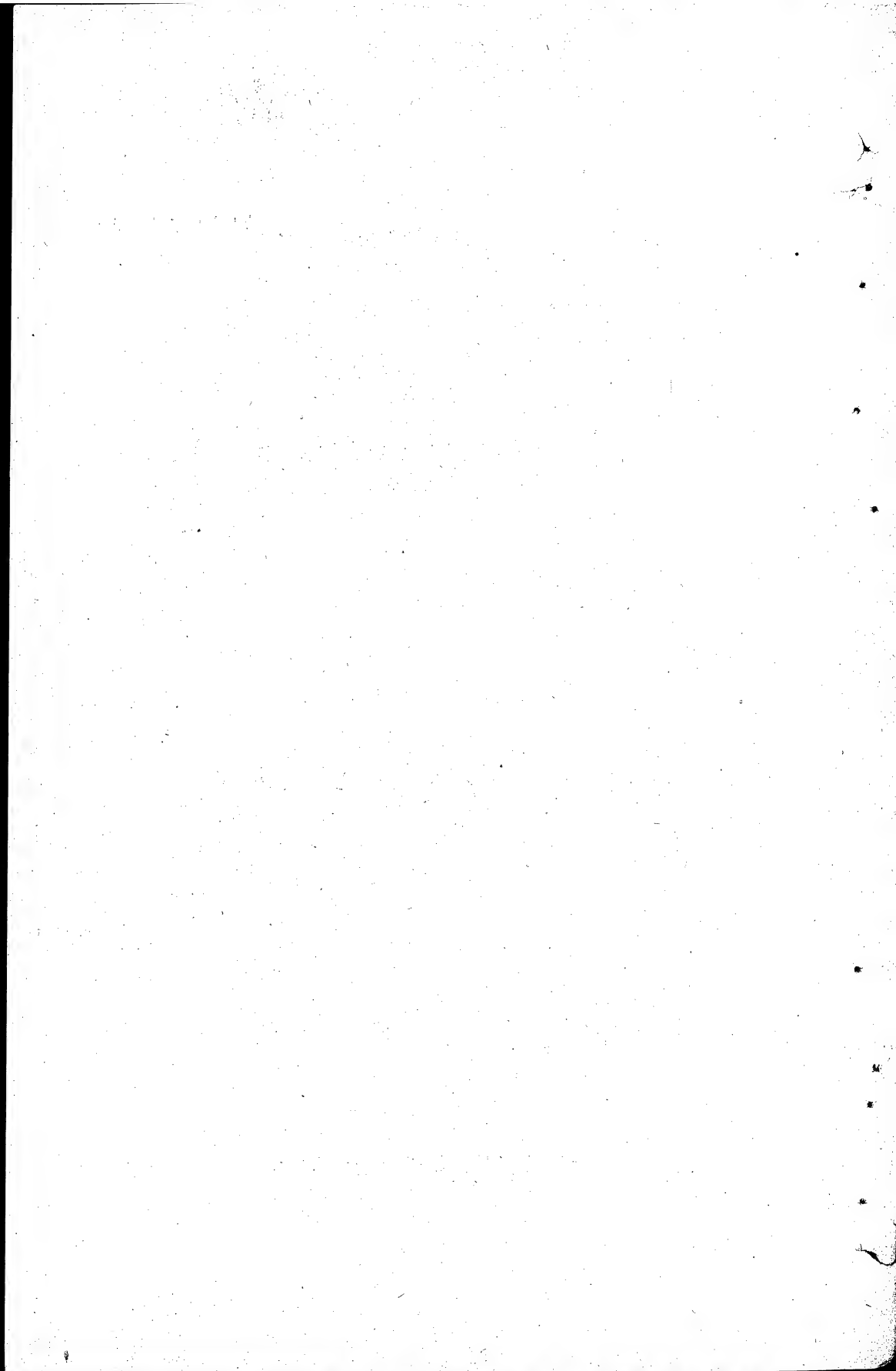
(شكل ٧٩)

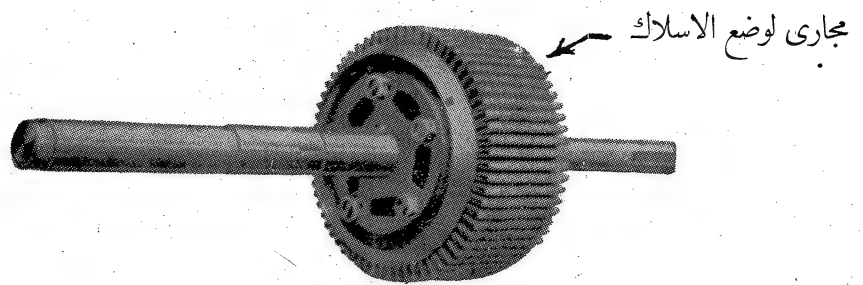
والخلفية = ٥



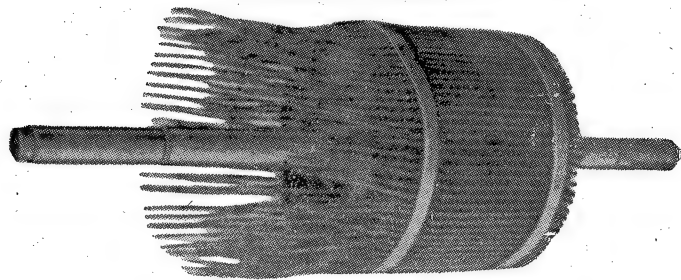
(شكل ٨٠)

الإمامية = ٥

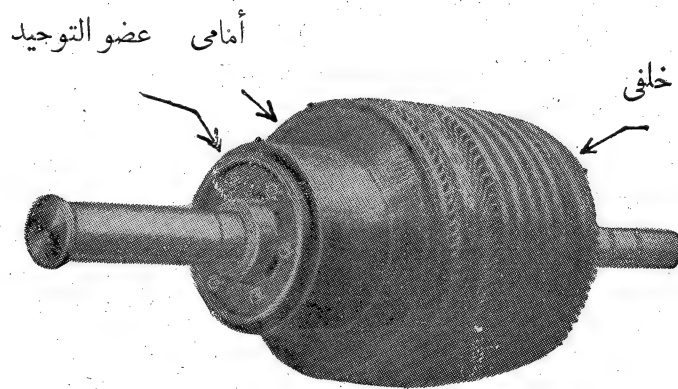




قلب عضو الاستنتاج قبل وضع الاسلاك



قلب عضو الاستنتاج بعد وضع الاسلاك



عضوا الاستنتاج والتوحيد بما فيهما اللغات

عريضاً كلما كانت الاسلاك المواجهة له كثيرة
وقد وجد المصممون للديناموات أن أنسب نسبة بين القوس القطبي
والخطوة القطبية هي من ٦٥ ٪ الى ٧٥ ٪
أي أن القوس القطبي يجب أن لا يقل عن ٦٥ ٪ ولا يزيد عن ٧٥ ٪
من الخطوة القطبية

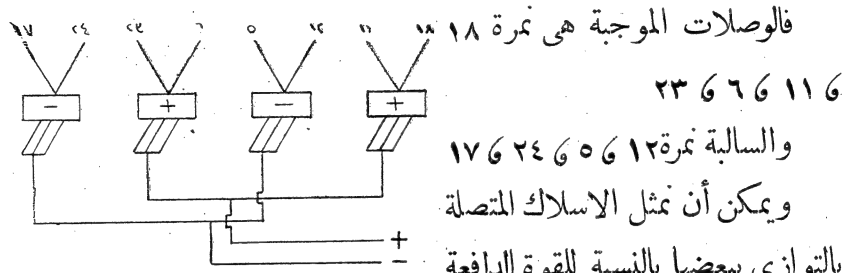
عدد الدوائر في اللغات الانطباقية

بند ٣٠ — لتعيين عدد الدوائر في اللغات الانطباقية . أى عدد المجموعات
من أسلاك عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازي ببعضها بالنسبة للقوة الدافعة
المتولدة فيها والمرموز لها في بند ٥١ بالحرف ح تتبع الطريقة الآتية
يجب أن نعرف اتجاه حركة الدينامو ثم بواسطة قانون فلينج نعين اتجاه
القوة الدافعة المتولدة في الاسلاك المواجهة لكل قطب من أقطاب عضو التوليد
ففي الشكل ٧٨ — الذى يبين انفراد الدينامو بجميع أعضائه — نجد أن اتجاه
القوة الدافعة المتولدة في الأسلاك المواجهة للقطب الشمالى من أسفل الى أعلا
وهى بعكس القوة الدافعة المتولدة في الاسلاك المواجهة للقطب الجنوبى
فاذا تتبعنا سير التيار الكهربائى من السلك نمرة ٥ من جهة اليسار نجد أن
التيار يسير في اللغات بالتوالى من ٥ الى ١٠ الى ٣ لغاية السلك نمرة ٦ في منطقة
الحياد حيث لا يتولد فيه تيار كهربائى بل يستمد التيار الكهربائى من
اللغات السابقة

وهذا التيار معا كس للتيار الكهربائى في السلك نمرة ١٢
وجميع اللغات المتصلة بهذا السلك من جهة اليسار يمر فيها التيار بالتوالى لغاية
السلك نمرة ١١ الواقع في منطقة حياد أخرى
إذاً مجموعتا اللغات من نمرة ٥ الى ٦ الى ٦ من نمرة ١٢ الى ١١ يمكن أن
نعتبرهما متصلتين بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فيهما

وباتباعنا هذه الطريقة لمعرفة عدد الدوائر أو المجموعات المتصلة بالتوازي نجد أن عددها بمقدار عدد المناطق المحايدة أى عدد الأقطاب المكون منها عضو التوليد

وشكل ٨١ يبين القطاعين الموجبين والقطاعين السالبيين للمسألة السابقة وكيفية وضع الفرش وتوصيلها ببعضها حتى يتسنى لنا الانتفاع بالتيار الكهربائى من جميع المجموعات



(شكل ٨١)

$$\frac{\text{عدد الأعمدة الكلية} \times \text{القوة الدافعة لكل عمود}}{\text{عدد المجموعات المتصلة بالتوازي}} =$$

$$\frac{2 \times 24}{4} = 12 \text{ فلت}$$

أى = القوة الدافعة لمجموعة واحدة أى لستة أعمدة فقط وهذا مطابق تماماً لما هو حاصل فى اللغات الانطباقية إذ أن القوة الدافعة المتولدة

تساوى القوة الدافعة في ستة أسلاك فقط

فاذا فرضنا دينامو عدد أقطابه ٨ وعدد أسلاك عضو الاستنتاج ٢٤٨ سلكاً

وكان اللف انطباقياً فعدد

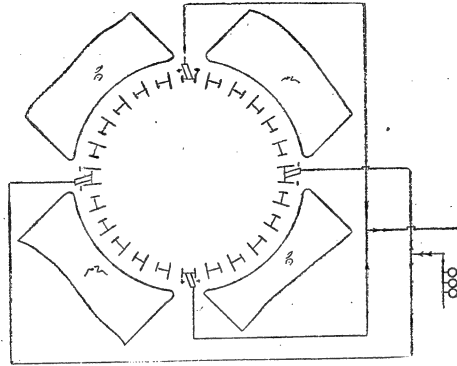
المجموعات المتصلة بالتوازي =

عدد الانطباق = ٨

إذا عدد الاسلاك التي تؤخذ

عند تقدير القوة الدافعة المتولدة

$$= \frac{248}{8} = 31 \text{ سلكاً فقط}$$



(شكل ٨٢)

نعدد الاسلاك في مجرى عضو الاستنتاج

بند ٦١ - لا يمكن في الديناموات ذات الضغط العالي أن نستعمل

عدداً بسيطاً مثل ٢٤ سلكاً لللف عضو الاستنتاج

ومن جهة أخرى اذا كان عدد الاسلاك كبيراً مثل ٩٠٠ مجرى فذلك

يقضى بان نجعل سمك الحاجز الحديدي بين كل مجريين بسيطاً وهذا مما يزيد في

مقاومة الوسط بين سطح عضو الاستنتاج ووجه القطب لمرور التدفق المغناطيسي

ما يستلزم زيادة الامبير لفات في عضو التوليد

كذلك تتأثر الحواجز الحديدية اذا كانت رقيقة مع الزمن بقوة الشد على

الاسلاك الموضحة ببند ٥٠

فالطريقة المتبعة هي أن نعدد الاسلاك في كل مجرى من المجارى أى أننا لا

ننتقل من خطوة الى أخرى « سواء كانت أمامية أو خلفية » الا بعد أن نكرر

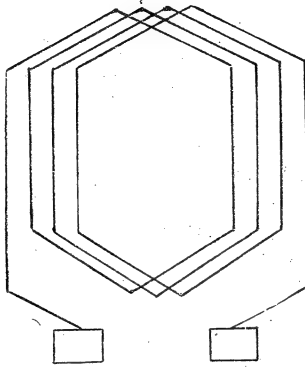
لف الخطوة الواحدة جملة مرار كما هو مبين بشكل ٨٣ الذي يبين مجريين

لخطوة واحدة

ويسمى عدد الاسلاك المكونة لخطوة واحدة بوحدة

فيمكننا أن نجري لف ١٨٠٠ سلك بحيث أن كل مجرى يحتوى على ٢٠ سلكاً فتكون عدد المجارى باعتبار أن كل مجرى ذات وحدة مكونة من ٢٠

$$\text{سلكاً} = \frac{١٨٠٠}{٢٠} = ٩٠ \text{ مجرى}$$



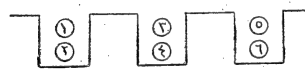
(شكل ٨٣)

وكذلك يمكننا أن نختصر عدد المجارى بأن نجعل في كل مجرى وحدتين (أو أكثر) كل منها يحتوى على ٢٠ سلكاً

فعدد المجارى في هذه الحالة = ٤٥ مجرى وطرق اللف هي بعينها الطرق السابقة والفرق الوحيد هو أن القوانين السابقة لمعرفة الخطوة

الامامية والخلفية ومتوسط الخطوة تطبق على عدد الوحدات وليس على عدد المجارى

$$\text{ففى اللفات التوجيهية متوسط الخطوة} = \frac{\text{عدد الوحدات} \pm ٢}{\text{عدد الاقطاب}} = \text{و}$$



(شكل ٨٤)

$$\text{وفى الانطباقية} = \frac{\text{عدد الوحدات}}{\text{عدد الاقطاب}}$$

ومراعاة لتسهيل التوصيل توضع الوحدات الفردية في أعلا المجرى والزوجية

في أسفله شكل ٨٤

مثال ذلك

المطلوب لف عضو استنتاج ديناموذى أربعة أقطاب لفاً انطباقياً اذا كان عدد الاسلاك الكلية ٩٦٠ سلكاً بحيث أن عدد المجارى يكون ١٢ مجرى وكل مجرى به وحدتان

الحل

$$\text{عدد الوحدات الكلية} = \text{عدد المجارى} \times \text{عدد الوحدات فى كل مجرى}$$

$$٢٤ = ٢ \times ١٢ =$$

$$\text{عدد الاسلاك في كل وحدة} = \frac{٩٦٠ \text{ سلك}}{٢٤ \text{ وحدة}} = ٤٠ \text{ سلك}$$

$$\text{متوسط الخطوة} = \frac{\text{عدد الوحدات}}{\text{عدد الاقطاب}} = \frac{٢٤}{٤} = ٦$$

$$\text{الخطوة الامامية} = ٦ \pm ١ = ٧ \text{ او } ٥$$

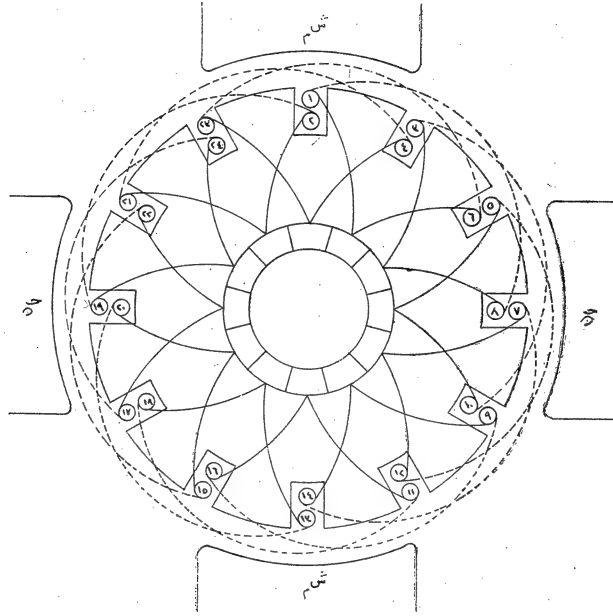
$$\text{الخطوة الخلفية} = ٦ \mp ١ = ٧ \text{ او } ٥$$

الخلفية = ٧	الامامية = ٥
٦ - ٢٣	١ - ٦
٤ - ٢١	٢٣ - ٤
٢ - ١٩	٢١ - ٢
٢٤ - ١٧	١٩ - ٢٤
٢٢ - ١٥	١٧ - ٢٢
٢٠ - ١٣	١٥ - ٢٠
١٨ - ١١	١٣ - ١٨
١٦ - ٩	١١ - ١٦
١٤ - ٧	٩ - ١٤
١٢ - ٥	٧ - ١٢
١٠ - ٣	٥ - ١٠
٨ - ١	٣ - ٨

وشكل ٨٥ يبين كيفية الف ووضع الاقطاب

عدد الدوائر المتصلة بالتوازي باللفات التوجيهية

٦٢ — اذا تتبعنا سير التيار الكهربائي في شكل ٨٠ الانفرادي لشكل ٧٩ لللف التوجيهي نجد أن عدد مجموعات الاسلاك المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة في هذا النوع لا يزيد عن مجموعتين مهما كان عدد الاقطاب



(شكل ٨٥)

أي أنه لتقدير القوة الدافعة المتولدة في أسلاك عضو استنتاج دينامو — مهما كان عدد أقطابه — يؤخذ نصف عدد الاسلاك في التقدير لأن النصف الآخر متصل بالتوازي معه

فالرمز ح المبين في بند ٥١ = ٢ دائماً اذا كانت اللفات توجيهية

امتيار كل نوع من نوعي اللف

بند ٦٣ — بما أن عدد دوائر اللفات التوجيهية اثنان فقط مهما تعددت الاقطاب . بينما عددها في اللفات الانطباقية بمقدار عدد الاقطاب فالقوة الدافعة

المتولدة في الدينامو ذات النوع الأول أكبر منها في الدينامو ذات النوع الثاني
إذا تساوى في كليهما عدد الأقطاب — وكان أكثر من زوج واحد — وكذلك
عدد الأسلاك

ولكن المقاومة الكلية لأسلاك عضو استنتاج النوع الأول أكبر منها في
أسلاك عضو استنتاج النوع الثاني

ولاجل أن نقرب إلى ذهن الطالب معنى ذلك نرجع إلى الأعمدة الكهربائية
حيث كل لفه من لفات عضو الاستنتاج ممثلة بعمود كهربائي كما في شكل ٨٦
فالشكل الأول يبين توصيلة ٢٤ عمود بالطريقة الانطباقية لدينامو ذي
أربعة أقطاب كما وضعنا ذلك في آخر بند ٦٠

أي أن عدد الدوائر = عدد الأقطاب = ٤

وقد بينا أن القوة الدافعة المتولدة في البطارية كلها = $\frac{٢٤ \text{ عمود}}{٤ \text{ دوائر}} \times ٢ \text{ فلت}$

بفرض أن القوة الدافعة لكل عمود = ٢ فلت = ١٢ فلت

فاذا كانت مقاومة كل عمود ٣

فالمقاومة الكلية = $\frac{\text{مقاومة مجموعة واحدة} \times ٢}{٤} = \frac{٦ \times ٣}{٤}$

والشكل ٨٦ يبين توصيلة الأعمدة السابقة على الطريقة التوجيهية

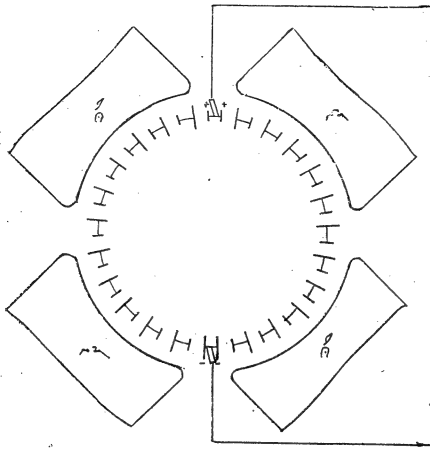
فعدد الدوائر في هذه الحالة = ٢ فقط

فالقوة الدافعة المتولدة = $\frac{٢٤ \text{ عمود}}{٢ \text{ دوائر}} \times ٢ \text{ فلت} = ٢٤ \text{ فلت}$

والمقاومة الكلية = $\frac{١٢ \times ٣ \text{ عمود}}{٢ \text{ دوائر}} = ١٨$

فن هذين المثالين نستنتج أن الفلت المتولد في التوجيهية لدينامو ذي أقطاب

متعددة أكبر بكثير منه في نفس الدينامو اذا كانت لفات عضو استنتاجه انطباقية ولكن مقاومة اللفات الانطباقية أصغر بكثير من مقاومة اللفات التوجيهية



(شكل ١٦)

لذلك تستعمل عادة اللفات التوجيهية في الديناموات المصممة لتولد ضغطاً عالياً وشدة بسيطة

وبعكس ذلك تستعمل اللفات الانطباقية

ومع ذلك فليس لف عضو الاستنتاج قاصراً على هذين الطريقتين فهناك

طرق أخرى لف عضو الاستنتاج ولكن أساسها هذان النوعان

مسائل محلولة على الباب الثاني

(١) دينامو ذو عضو استنتاج حلقى (دينامو جرام) ملفوف عضو استنتاجه بواسطة ٢٥٠ لفة وسطح قطاع السلك المكون منه اللفات ٠.٣٧ بوصة مربعة وسرعة دورانه ٥٠٠ دورة في الدقيقة وعدد أقطابه اثنان

فاذا كان قطر الشجرة الهوائية ٢٤ بوصة وطولها ١٢ بوصة وكانت الزاوية المواجهة للقوس القطبي ١٢٠ درجة والكشاف المغناطيسية في الشجرة الهوائية ٥١٢٥ خطأ لكل سنتيمتر مربع

فالمطلوب تقدير القوة الدافعة المتولدة وكذلك مقاومة عضو الاستنتاج بين الفرشتين اذا كان متوسط طول لفة السلك على عضو الاستنتاج ٣ قدم

$$\text{ومقاومته النوعية} = \frac{7}{610} \text{ أوم للبوصة المكعبة}$$

أوجد متوسط الضغط على الفرش أيضاً اذا كان تيار حمل الدينامو = ٢٠٠ أمبير

الحل: —

$$\text{مساحة وجه القطب} = \frac{120^\circ}{360^\circ} \times \pi \times 24 \times \text{بوصة} \times 12 \times 22,54$$

١٩٤٥ سنتيم مربع

التدفق المغناطيسى لكل قطب = الكثافة المغناطيسية \times مساحة وجه

$$\text{القطب} = 0.125 \times 1945 = 10^\circ \text{ خط } 6 \text{ عدد الدوائر } 2$$

$$\text{القوة الدافعة المتولدة} = 2 \times \text{ت} \times 10^\circ \times \frac{5}{60} \times 10 \times \frac{2}{51} \times \frac{2}{5}$$

$$= 10^\circ \times 2 \times \frac{500}{60} \times 10 \times \frac{250}{2} = 20.8, 3 \text{ فلت}$$

(الاسلاك الداخلية غير مستفاد منها. لذلك فعدد اللفات أو الاسلاك

القاطعة للخطوط = ٢٥٠)

بما أن عدد الدوائر المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ٢

لأن عدد الاقطاب = ٢ أى أن عدد المجموعات المتصلة بالتوازي من اللفات

$$= 2. \text{ اذا كل مجموعة تحتوى على } \frac{250}{2} = 125 \text{ لفة}$$

اذا مقاومة المجموعة الواحدة م

$$= \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول اللفة} \times \text{عدد اللفات}}{\text{مساحة مقطع السلك}}$$

$$= \frac{3 \text{ قدم} \times 12 \times \text{بوصة} \times 125}{0.38} \times \frac{7}{61} = 0.415 \text{ ر}^3$$

الضغط على طرفي الفرشتين = القوة الدافعة المتولدة — مفقود الضغط

في لفات الاستنتاج = ٢٠.٨, ٣ — (٢٠٠ أمبير \times ٠.٤١٥ ر^٣) = ٢٠٠ فلت

(٢) دينامو ذو عضو استنتاج حلقى يحتوى عضو استنتاجه على ٥٠٠ لفه وسرعة دورانه ١٢٠٠ دورة فى الدقيقة

فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج بين الفرشتين = ٣,٠٥ والتدفق المغناطيسى = ٦١٠ خط لكل قطب فالمطلوب تقدير

(١) القوة الدافعة المتولدة

(ب) الضغط على طرفى الفرش اذا كان تيار حمل الدينامو = ١٠٠ أمبير

الحل . —

$$(١) \text{ القوة الدافعة } = \frac{2}{\pi} \times 10^{-8} \times \frac{5}{60} \times 2 \times 2 \times 10^3 = 1.05 \text{ فولت}$$

$$= 1.05 \times \frac{1200}{60} \times 2 \times 610 = 24.3 \text{ بوصة}$$

(ب) الضغط على طرفى الفرش = القوة الدافعة — مفقود الضغط فى

مقاومة الاستنتاج = ١٠٠ — (١٠٠ أمبير \times ٣,٠٥) = ٩٥ فولت

(٣) دينامو ذو عضو استنتاج اسطوانى يحتوى على قطبين وعدد لفات عضو الاستنتاج ٢١٠ لفه

فاذا كان طول متوسط اللفة = ٢٤,٣ بوصة ومساحة مقطع السلك المكونة

$$\text{منه اللفة} = 0.255 \text{ بوصة مربعة والمقاومة النوعية لنوع السلك} = \frac{7}{610} \text{ أوم}$$

لكل بوصة مكعبة

فما هى مقاومة لفات الاستنتاج بين الفرشتين

واذا كانت سرعة الدوران = ٦٠٠ دورة فى الدقيقة والتيار المتولد = ١٠٠

أمبير على ضغط = ٢٠٠ فولت فما هو التدفق المغناطيسى لكل قطب

الحل:

عدد المجموعات المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ٢ سواء كان نوع اللف انطباقياً أو متوجياً لأن عدد الاقطاب اثنان فقط

$$\text{إذا مقاومة أسلاك الاستنتاج بين الفرشتين} = \frac{210 \times 243}{2 \times 2 \times 2000} \times \frac{7}{10} = 0.35 \text{ فولت}$$

مفقود الضغط في الاستنتاج = ١٠٠ أمبير $\times 0.35 \text{ فولت} = 35 \text{ فولت}$
 القوة الدافعة = الضغط على الفرش + مفقود الضغط في أسلاك الاستنتاج بين الفرشتين = ٢٠٠ فولت + ٣٥ فولت = ٢٣٥ فولت

$$2035 = 2 \times 2 \times 10 \times \frac{5}{60} \times \frac{2}{\text{ح}}$$

$$2035 = 2 \times 2 \times \frac{600}{10 \times 60} \times \frac{210 \times 2}{2}$$

$$\text{إذا } 2 = \frac{10 \times 60 \times 2035}{210 \times 600 \times 2} = 4.85 \times 10 \text{ خطأ لكل قطب}$$

(٤) دينامو ذو أربعة أقطاب عضو استنتاجه ملفوف لفاً انطباقياً. فإذا كان التدفق المغناطيسي 17×10 خطأ لكل قطب وسرعة دورانه ٤٠٠ دورة في الدقيقة والضغط على الفرش = ١٠٠ فولت

فالمطلوب إيجاد عدد أسلاك عضو الاستنتاج. مع العلم أن ٤٪ من الضغط على الفرش مفقود في عضو الاستنتاج

الحل:

$$\text{مفقود الضغط} = 100 \times \frac{4}{100} = 4 \text{ فولت}$$

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الفرش + مفقود الضغط في الفرش
والاستنتاج = ١٠٠ فلت + ٤ فلت = ١٠٤ فلت

$$١٠٤ \text{ فلت} = ت \times ٢ \times ١٠ \times \frac{٤}{٦٠} \times \frac{٢}{٤}$$

وبما أن اللغات انطباقية

إذا عدد المجموعات المتصلة بالتوازي = عدد الاقطاب (بند ٦٠)

أي أن ح = ٤

$$١٠٤ \text{ فلت} = ١,٧ \times ١٠ \times ٤ \times \frac{٤٠٠}{١٠ \times ٦٠} \times \frac{٢}{٤}$$

$$\text{إذا } ٢ \text{ ف} = \frac{٤ \times ١٠ \times ٦٠ \times ١٠٤}{٤٠٠ \times ٤ \times ١٠ \times ١,٧} = ٩١٨ \text{ سلك}$$

تمرينات عن الباب الثاني

(١) دينامو ذو أربعة أقطاب يولد ٥٢٠ فلت بسرعة ٦٦٠ دوره في الدقيقة

فالمطلوب تقدير التدفق المغناطيسي في كل قطب اذا كان عدد مجارى عضو

الاستنتاج ١٤٤ وفي كل مجرى ٦ أسلاك وكانت اللغات تموجية

(٢) دينامو ذو ستة أقطاب يولد ٤٣٢ فلت بسرعة ٣٦٠ دورة في الدقيقة

فاذا كان التدفق المغناطيسي لكل قطب يساوى ٨ ميخاخط فما هي عدد الاسلاك

على عضو الاستنتاج اذا كانت اللغات انطباقية

(٣) عضو استنتاج دينامو ذو أربعة أقطاب ومعد للطلاء الكهر بائي

يدور بسرعة ٦٠٠ دورة في الدقيقة والقوة الدافعة المتولدة = ٩,٦ فلت

فاذا كان التدفق المغناطيسي المتولد في كل قطب = ٣ ميخاخط فما هي

عدد أسلاك الاستنتاج مع العلم أن اللغات انطباقية

(٤) أوجد الخطوة الامامية والخطوة الخلفية في المسألة السابقة مع رسم طريقة لف هذه الاسلاك على سطح عضو الاستنتاج ووضع الاقطاب وكذلك الفرش في موضعهما المناسب مع العلم أن كل مجرى به سلك واحد

(٥) دينامو ذو أربعة أقطاب يستعمل كمساعد ويولد قوة دافعة قيمتها

٣١ فلت

فاذا كانت سرعته ٦٦٠ دورة في الدقيقة والتدفق المغناطيسى المتولد في كل قطب من أقطابه = ٣,١ ميغا خط فما هي عدد أسلاك عضو الاستنتاج اذا كانت اللفات تموجية

(٦) أوجد الخطوة الامامية والخطوة الخلفية مع رسم طريقة لف الاسلاك في المسألة السابقة ووضع الاقطاب والفرش في موضعهما

(٧) سلك يده ر في تدفق مغناطيسى بين قطبين ويعمل زاوية ٤٥ درجة بطوله مع اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

فاذا كانت سرعته = ٦٦٠ دورة في الدقيقة ونصف قطر محيط الدوران

٧ سم .

فالمطلوب رسم منحني بين القوة الدافعة المتولدة وبين مركز السلك بالنسبة للقطبين اذا كانت كثافة التدفق المغناطيسى ٨٠٠٠ خط لكل سنتيمتر مربع وطول السلك الموضوع في المنطقة المغناطيسية ٤٠ سم . وما هي أقصى قوة دافعة يمكن توليدها

(٨) اذا كان طول سلك ٤٠ سم وتولد فيه تيار كهربائي ١٠٠ أمبير نتيجة حر كته قاطعاً بطوله تدفقاً مغناطيسياً كثافته ٨٠٠٠ فما هي قوة الشد على السلك بالكيلوجرام

(٩) أثبت أن القوة الدافعة المتولدة في أسلاك عضو استنتاج أى دينامو متغيرة الاتجاه

(١٠) ما هي الطرق اللازم مراعاتها في تصميم الدينامو لرفع قيمة القوة

الدافعة المتولدة فيه

(١١) اشرح كيفية جعل التيار الكهر بائى - المستمد من دينامو - موحد الاتجاه فى الدائرة الخارجية له وكيفية جعله متغير الاتجاه

(١٢) مولدان كهر بائيان ١ و ٢ متماثلان من جميع الوجوه غير أن عضو استنتاج أولهما ملفوف لفافاً انطباقياً والآخر تموجياً . فالمطلوب تقدير الفلت المتولد فى الأول بالنسبة الى الفلت المتولد فى الثانى اذا كان عدد الأقطاب فى كل منهما أربعة . ومتى يتساوى الفلت فى كليهما

(١٣) أذكر النقط الفنية التى يجب مراعاتها فى تصميم قلب عضو الاستنتاج

الباب الثالث

تغذية أقطاب الديناموات

الفصل الأول

أنواع الديناموات

بند ٦٤ — تنقسم الديناموات بالنسبة لأقطابها المغناطيسية الى قسمين
الاول — دينامو أقطابه المغناطيسية جاهزة التغطس ويسمى هذا النوع
بالمجنيتو وهو أول ما اخترع على نظرية فرداي في الديناموات بند ٢٣ والمعدن
الحديدي المعمول منه الأقطاب هو الصلب الناشف حتى لا تفقد مغناطيسيته
بسهولة منه

ويعمل القطب من جملة طبقات من هذا الصلب بدلا من عمله كتلة واحدة
لأن التدفق المغناطيسي المتولد في الاول أكبر منه في الثاني اذا تساوت القوة
الدافعة المغناطيسية في كليهما

ولا يصلح هذا النوع الا لتوليد الشرارة الكهربائية اللازمة لاحتراق
الغاز في بعض الآلات ذات الاحتراق الداخلي كالسيارات والطائرات . والسبب
في ذلك راجع لضعف الفلت المتولد نتيجة ضعف التدفق المغناطيسي مهما
بلغت قيمته المبدئية عند تركيبه

فهناك عوارض كثيرة تسبب أضعاف المغناطيس الصناعي مع الزمن
كالتغيرات الجوية من حرارة وبرودة والاهتزازات التي لا مناص منها وكذلك
المغناطيسية الارضية

كل ذلك يعمل على تشتيت جزيئات الاقطاب المغناطيسية وأضعاف
تأثيراتها الخارجية تدريجياً

لذلك يقتصر استعمال هذا النوع على الآلات السالفة الذكر

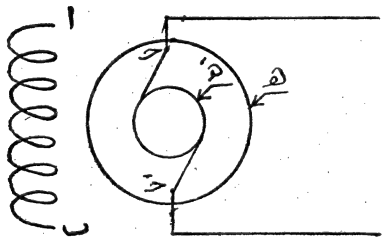
الثانى — دينامو ذو أقطاب مغناطيسية كهربائية

وهذا النوع هو المستعمل فى جميع الدوائر الكهربائية سواء للإنارة أو الحركة لأن أقطابه المغناطيسية تغذى بطريق الكهرباء أثناء استعماله وذلك بتوصيل تيار كهربائى فى ملف من النحاس معزول وملفوف حول قلب عضو التوليد بحيث أن كل قطبين متجاورين يكونان مختلفين حتى لا يتعارض سير خطوط القوة المغناطيسية (شكل ٦٥). فالامبير لفات أو القوة الدافعة المغناطيسية تولد التدفق المغناطيسى المطلوب وهذا الأخير يمكننا أن نحكم قيمته بتنظيم التيار الكهربائى فى هذه اللفات بواسطة مقاومة منظمة شكل ١٩

الطريقة المختصرة لرسم أعضاء الدينامو

الأقطاب المغناطيسية الكهربائية

بند ٦٥ — اصطلاح المهندسون الكهربائيون على اتباع الطريقة التخطيطية المبينة فى شكل ٨٧ لرسم دائرة هذا النوع من الديناموات



(شكل ٨٧)

فالدائرة ه تمثل عضو الاستنتاج

هـ تمثل عضو التوحيد

والخطان المماسان لعضو التوحيد

حـ ح' يمثلان الفرشتين الموجبة

والسالبة

والملف ا ب يمثل لفات عضو التوليد

وكثيراً ما يختصر الرسم أكثر من ذلك كما فى شكل ٨٨

حيث يمثل عضو الاستنتاج والتوحيد فى دائرة واحدة

أنواع الدينامو ذى الاقطاب المغناطيسية الكهربائية بالتغذية اقطارها

بند ٦٦ - ينقسم هذا النوع الى قسمين

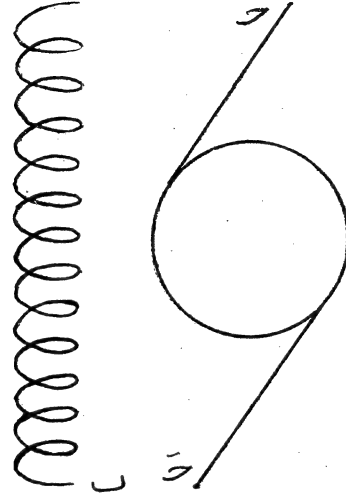
الأول - دينامو تغذى أقطابه من الخارج أى من ينبوع كهربائى آخر كدينامو أو بطارية

ويسمى بالدينامو ذى التغذية المغناطيسية الكهربائية الخارجية أو التغذية

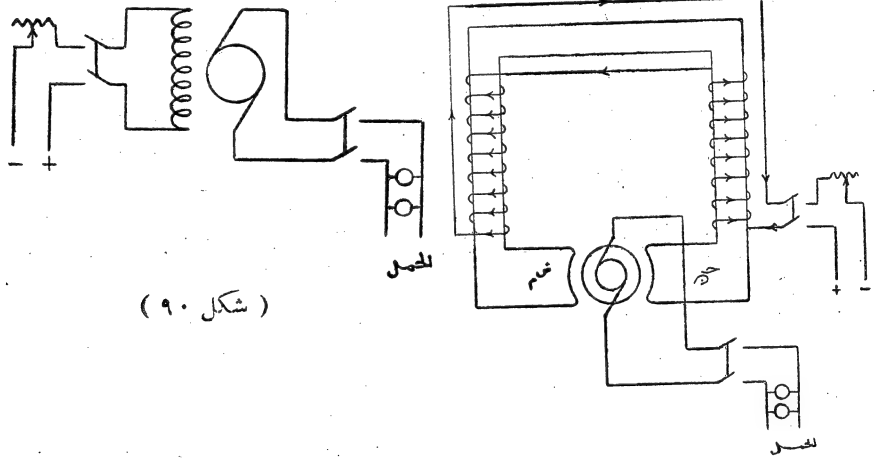
الخارجية شكل ٨٩ ٩٠ ٦

الثانى - دينامو أقطابه المغناطيسية

تغذى من التيار الكهربائى الخارج منه بتأثير القوة الدافعة الكهربائية المتولدة



(شكل ٨٨)



(شكل ٩٠)

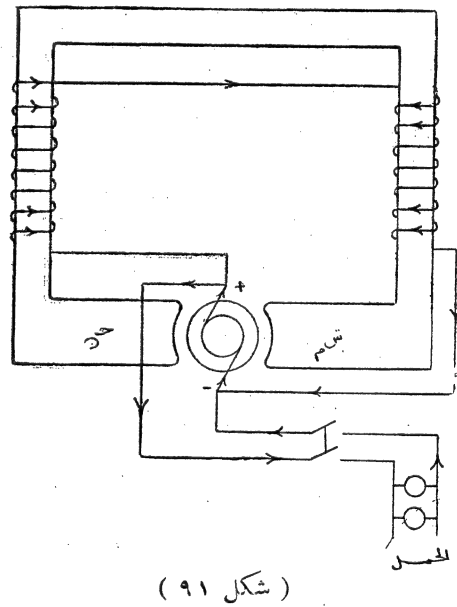
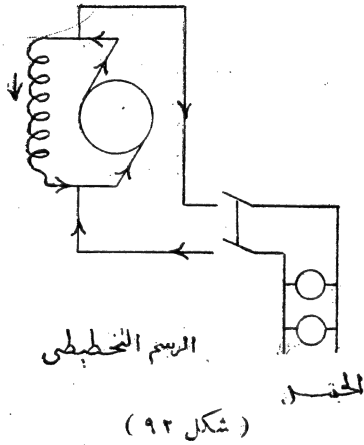
(شكل ٨٩)

فى أسلاك عضو استنتاجه نتيجة قطعها لخطوط قوة مغناطيسية باقية فى الاقطاب مبدئياً

وعلى هذه المغناطيسية الباقية يتوقف توليد القوة الدافعة وبنائها لأن التيار الكهربائي المتولد من المغناطيسية الباقية يمر في لفات عضو التوليد عن طريق الفرش . والامبير لفات أو القوة الدافعة المغناطيسية نتيجة هذا التيار تزيد في التدفق المغناطيسي في عضو التوليد فيرتفع الفلت المتولد وتزيد شدة التيار في لفات التوليد وبالتالي تزيد القوة الدافعة المغناطيسية فيرتفع التدفق المغناطيسي في الاقطاب وكذلك القوة الدافعة المتولدة وهكذا حتى تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت المتولد وهو أقصى ما يمكن للدينامو توليده

ويسمى الدينامو من هذا النوع بالدينامو ذى التغذية الذاتية وينقسم هذا النوع الى ثلاثة أقسام

الاول — دينامو توازى حيث طرفا لفات عضو توليده متصلة مباشرة بفرشتى الدينامو الموجبة والسالبة شكل ٩١ ٩٢

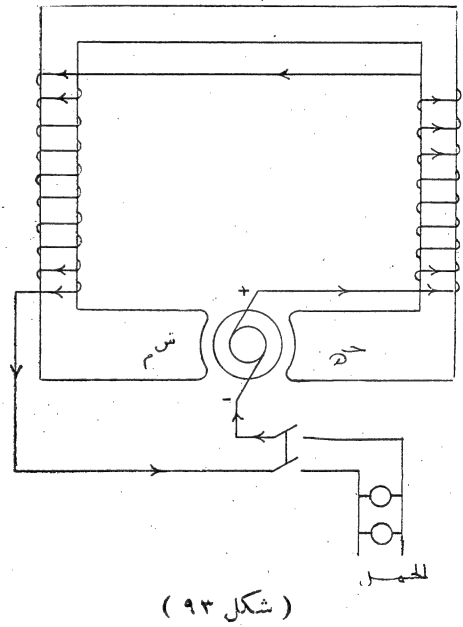
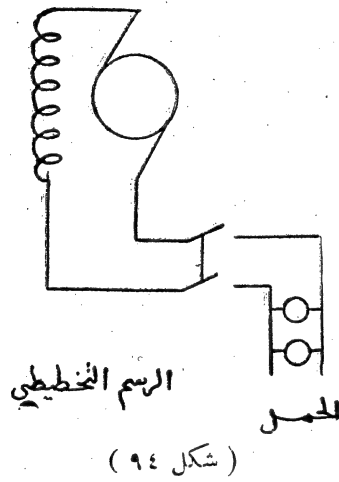


فالقوة الدافعة المتولدة البسيطة الناتجة من المغناطيسية الباقية في الاقطاب مبدئياً تدفع التيار الكهربائي في لفات عضو التوليد عن طريق الفرشة الموجبة

والامبير لفات الناتجة تولد تدفقاً مغناطيسياً يضاف الى المغناطيسية الباقية
فيرتفع الفلت فتزيد شدة التيار المارة في لفات عضو التوليد وكذلك المغناطيسية
وبالتالى الفلت المتولد وشدة التيار وهكذا الى أن تتشبع الاقطاب كما ذكرنا
وبذلك يصل الفلت المتولد الى اقصى حد له

فاذا وصلنا طرفى الفرشتين — السالبة والموجبة — بحمل من الاحمال
الكهربائية — مصابيح أو محركات — فالتيار الكهربائى الخارج من الفرشة
الموجبة يتوزع بين الحمل ولفات عضو التوليد
أى أن لفات عضو التوليد في هذا النوع متصلة بالتوازي مع دائرة الحمل
لذلك يسمى هذا النوع دينامو توازي

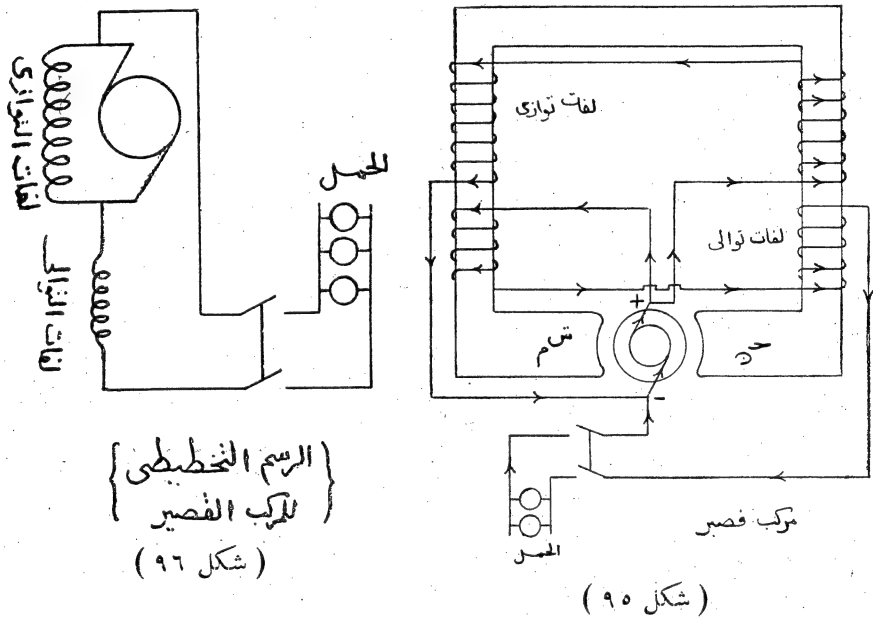
الثانى — دينامو توالى حيث توصل لفات عضو التوليد بالتوالى مع الحمل
والفرش (شكل ٩٣ ٩٤)



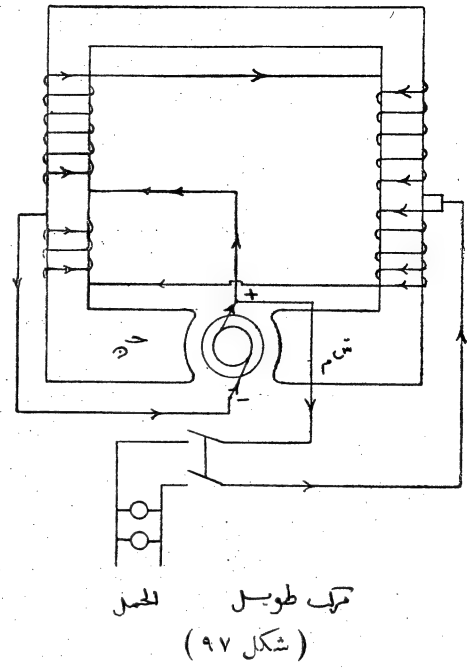
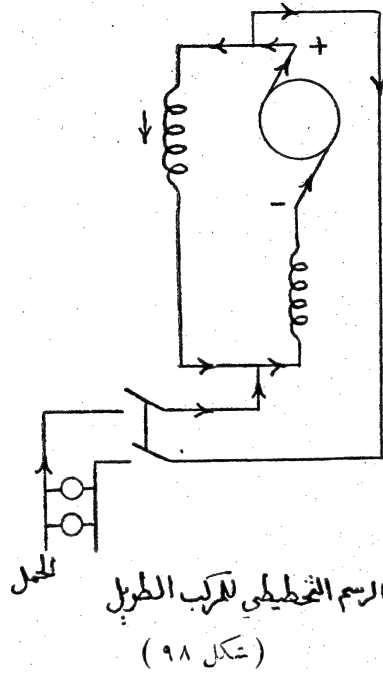
فالتيار الكهربائى المبدأى يخرج من الفرشة الموجبة ويمر بلفات عضو
التوليد ثم بالحمل ومنه الى الفرشة السالبة

أى أنه لا يمر تيار كهربائى فى لفات التوليد ما لم تكن دائرة الحمل موصلة
الثالث — دينامو مركب وهو يجمع بين النوعين السابقين — التوازى
والتوالى — فقلب عضو توليده ملفوف عليه ملفان أحدهما يتصل بالتوازى
مع الحمل والثانى بالتوالى

وهو فى الحقيقة دينامو توازى مضاف الى لفاته لفات توالى لتنظيم الضغط
على الفرش ويوجد طريقتان لتوصيل لفات عضو توليد هذا النوع
الطريقة الأولى أن نصل ملف التوازى فيه مباشرة بالفرشتين ويسمى
الدينامو المركب الموصل على هذه الطريقة بالمركب القصير كما فى شكل ٩٥ و ٩٦



والطريقة الثانية أن نصل أحد طرفى ملف التوازى فيه بأحدى الفرشتين
والطرف الثانى بنهاية لفات التوالى والطرف الثانى لللفات التوالى بالفرشة الثانية
كما هو مبين بشكلي ٩٧ و ٩٨



مقاومة لفات عضو التوليد (او التنبيه) في دينامو التوازي

بند ٦٧ - بما أن لفات عضو التوليد متصلة بالتوازي مع دائرة الحمل أى أن التيار الكهربائى يتوزع عند خروجه من الفرشة الموجهة بين هذه اللفات ودائرة الحمل

وبما أن المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات المتصلة بالتوازي قيمتها أصغر من أقل مقاومة من هذه المقاومات

فاذا كانت مقاومة لفات عضو توليد هذا الدينامو صغيرة فالتيار الكهربائى الخارج من الفرشة سيندفع بشدة كبيرة ويتوزع على دائرتى عضو التوليد والحمل فيزيد ما يفقد من القوة الدافعة الكهربائىة المتولدة فى مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش فيهبط الضغط على طرفى الفرش وعليه تهبط الشدة كما هو ظاهر من المنحنى الخاص لدينامو التوازي المبين فى الفصل الثانى من هذا الباب وفيه نلاحظ نزول الفلت المتولد اذا زاد التيار الكهربائى عن حد محدود

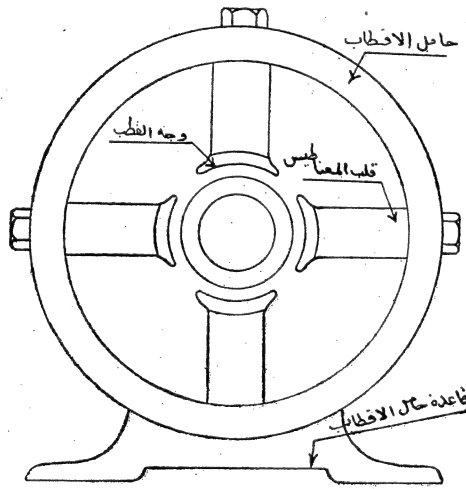
لذلك يجب أن تكون مقاومة لفات التوازي لعضو التوليد كبيرة مثل ١٠٠^٣ وبالتالي عدد اللفات يجب أن يكون كبيراً حتى يمكن مغطسة الاقطاب لدرجة التشبع وتوليد الفلت المطلوب حسب تصميم الدينامو

دينامو التوالى

أما فى دينامو التوالى فالعكس بالعكس حيث يجب أن تكون مقاومة لفات عضو التوليد صغيرة ما أمكن لأنها متصلة بالتوالى مع الحمل فلا يجب أن تتعدى كسراً بسيطاً

عضو التوليد

بند ٦٨ — يتركب عضو توليد الدينامو من الأجزاء الآتية شكل ٩٩



(شكل ٩٩)

(١) حامل الأقطاب
ويصنع من الحديد المسبوك
(الزهر) أو الصلب

(٢) قلب المغناطيس وهو
الملفوف عليه ملف التغذية
ويصنع من ألواح رقيقة من
الصلب المسبوك تلافياً من تأثير
التيارات الاعصارية والقصور
المغناطيسى

(٣) قاعدة حامل الاقطاب وتصنع من معدن غير قابل للبعثرة حتى
لا تهرب المغناطيسية الى الخارج وهذا المعدن هو معدن المدافع
والمسألة الآتية تبين لنا تقدير الامبير لفات اللازمة لكل جزء من أجزاء
عضو التوليد لتوليد تدفق مغناطيسى فى الشجرة الهوائية — أى الفراغ بين وجه

القطب وسطح عضو الاستنتاج — معروف قيمته
الرسم المبين (شكل ١٠٠) عبارة عن عضو توليد دينامو ذي اربعة أقطاب
وأبعاده مبيته بما فيها اسطوانة عضو الاستنتاج وكذلك نوع الحديد المكوّن منه
كل جزء

فاذا كانت قابلية الزهر (أو معامل النفاذ) $10.7 =$ (بند ٢٠)

والصلب المسبوك $564 =$

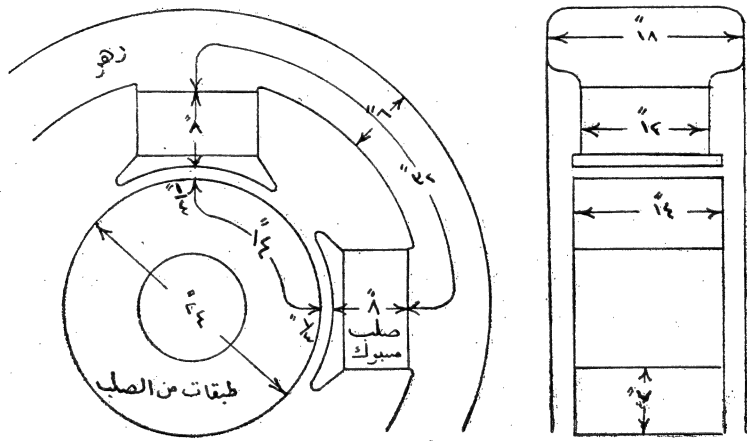
والصلب المستعمل منه ألواح عضو الاستنتاج $2637 =$

فالمطلوب تقدير الامبير لفات اللازمة لكل قطب ليتولد تدفق مغناطيسي

قيمته 10×610 خطوط في الثغرة الهوائية

مع العلم أن $\frac{\text{القوس القطبي}}{\text{الخطوة القطبية}} = 7$, (بند ٥٩)

وأن معامل الهروب $1.15 =$ (بند ٣٥)



(شكل ١٠٠)

$$\begin{aligned} \text{مساحة المقطع بالسنتيمتر المربع لحامل الاقطاب} &= 6,45 \times 18 \times 6 = \\ &= \underline{\underline{696}} \text{ سنتيمتر مربع} \end{aligned}$$

$$\text{وللقطب} = \frac{22}{7} \times \frac{212}{4} \times 6,45 = \underline{\underline{728}} \text{ سنتيمتر مربع}$$

$$\begin{aligned} \text{مساحة الشجرة الهوائية} &= \text{طول القوس القطبي} \times 14 \times 6,04 \text{ ستم}^2 \\ \text{القوس القطبي} &= 7,7 \times \text{الخطوة القطبية} \end{aligned}$$

$$\text{بما أن عدد الاقطاب أربعة} \quad \text{إذا طول الخطوة القطبية} = \frac{1}{4} \text{ محيط سطح عضو الاستنتاج تقريباً}$$

$$\text{محيط عضو الاستنتاج} = 24 \times \frac{22}{7} \times 2,04 \text{ ستم}$$

$$\text{إذا الخطوة القطبية} = \frac{24}{4} \times \frac{22}{7} \times 2,04$$

$$= \frac{132}{7} \times 2,04 \text{ ستم متر}$$

$$\text{إذا القوس القطبي} = \frac{132}{7} \times 2,04 \times 7 = 33,03 \text{ سنتيمتر}$$

$$\begin{aligned} \text{إذا مساحة الشجرة} &= 33,03 \times 14 \times 2,04 = 1220 \text{ سنتيم مربع} \\ \text{مساحة مقطع حديد عضو الاستنتاج المار فيه التدفق المغناطيسى} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 14 \times 7 \times 6,45 = 632 \text{ سنتيم مربع} \\ \text{التدفق المغناطيسى فى مقطع حامل الاقطاب} &= \frac{1}{4} \text{ التدفق فى مقطع كل قطب (راجع شكل ٢٥)} \end{aligned}$$

$$\text{وبما أن معامل الهروب} = 1,15$$

$$\text{إذا التدفق فى كل قطب بما فيه الجزء الهارب من الخطوط}$$

$$= 1,15 \times 10 \times 11,5 = 130 \text{ خطوط}$$

$$\text{وفي مقطع حامل الاقطاب} = \frac{٦١٠ \times ١١,٥}{٢} = ٦١٠ \times ٥,٧٥ \text{ خطوط}$$

$$\frac{٦١٠ \times ٥,٧٥}{٦٩٦} = \text{الكثافة المغناطيسية في حامل الاقطاب}$$

$$= ٨٢٧٠ \text{ خطأ لكل سنتيمتر مربع}$$

$$\frac{٦١٠ \times ١١,٥}{٧٢٨} = \text{الكثافة المغناطيسية في قلب القطب}$$

$$= ١٥٨٠٠ \text{ خطأ لكل سنتيمتر مربع}$$

$$\frac{٦١٠ \times ١٠}{١٢٢٠} = \text{الكثافة المغناطيسية في الثغرة الهوائية}$$

$$= ٨١٩٠ \text{ خطأ لكل سنتيمتر مربع}$$

وبما أن الدينامو مكون من أربعة أقطاب

إذا التدفق المغناطيسي في مقطع عضو الاستنتاج = $\frac{1}{4}$ التدفق في الثغرة الهوائية

$$\frac{٦١٠ \times ٥}{٦٣٢} = \text{إذا الكثافة المغناطيسية في مقطع عضو الاستنتاج}$$

$$= ٧٩١٠ \text{ لكل سنتيمتر مربع}$$

$$\text{وبما أن الامبير لفات اللازمة لأي جزء} = \frac{ل}{١,٢٥٧} \times \frac{ل}{٢} \text{ (بند ٢٢)}$$

بفرض أن ل = الكثافة المغناطيسية في الجزء المأخوذ

ل = طول الممر الذي تمر فيه خطوط القوة في هذا الجزء بالسنتيمتر

ل = معامل نفاذ (أو قابلية) معدن هذا الجزء

وبما أن التدفق المغناطيسي يتوزع في كل من حامل الاقطاب وقلب عضو

الاستنتاج في جهتين (كما هو واضح من الرسم) والمطلوب الامبير لفات للقطب الواحد أى لنصف دورة الخط المغناطيسى

فالطول المأخوذ عن تقدير الامبير لفات في هذين الجزئين

= نصف الطول الاصلى المبين بالرسم

$$\frac{2,04 \times \frac{32}{4} \times 8270}{1,207 \times 107} = \text{إذا الامبير لفات اللازمة في حامل الاقطاب}$$

$$= 2480$$

$$\frac{2,04 \times \frac{14}{2} \times 7910}{1,207 \times 2637} = \text{والامبير لفات اللازمة في عضو الاستنتاج}$$

$$= 43$$

$$\frac{2,04 \times 8 \times 10800}{1,207 \times 064} = \text{والامبير لفات اللازمة في قلب القطب}$$

$$= 202$$

$$\frac{2,04 \times \frac{1}{4} \times 8190}{1,207 \times 1} = \text{والامبير لفات اللازمة في الثغرة الهوائية}$$

$$= 4140$$

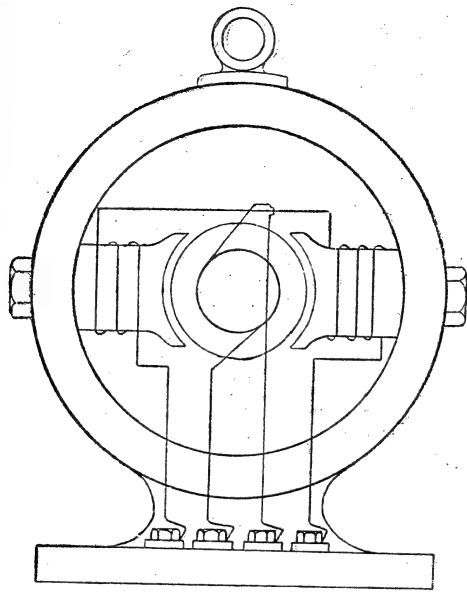
إذا الامبير لفات الكلية اللازمة = ١٧٢٠ لكل قطب

نماذج من أقطاب الديناموات المستعملة

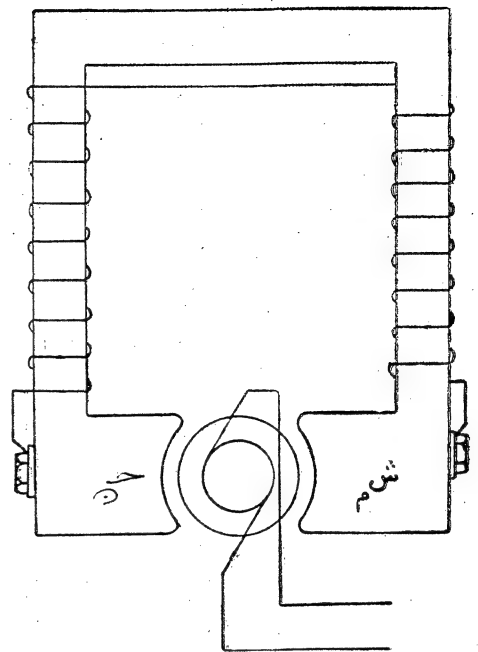
الاشكال الاربعة المبينة (شكل ١٠١) عبارة عن ديناموات مختلفة الاشكال

بالنسبة لعضو التوليد وجميعها مستعملة في الدوائر الكهربية

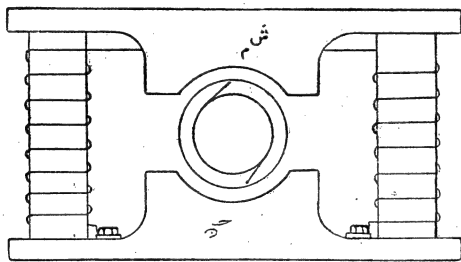
فالشكل (١) عبارة عن دينامو توازى طرز مانشستر



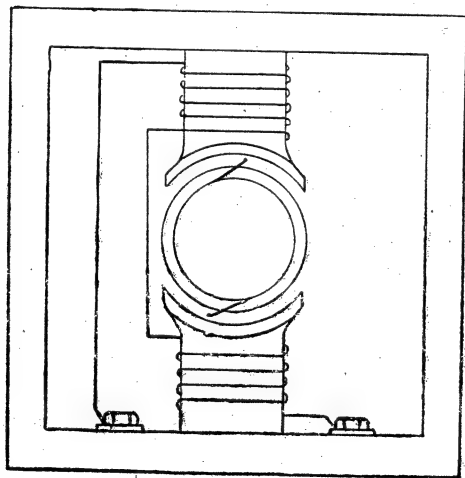
(شکل ۱۰۱ ا)



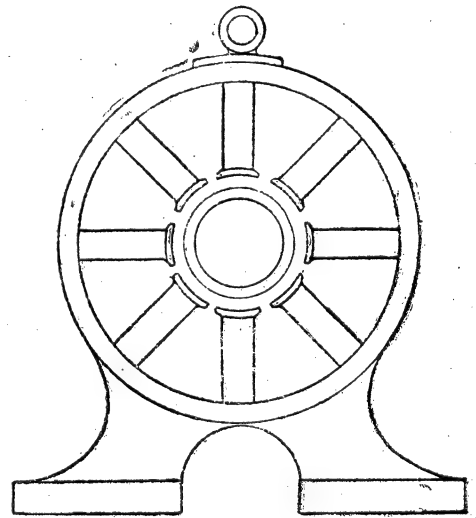
(شکل ۱۰۱ ب)



(شکل ۱۰۱ ج)



(شکل ۱۰۱ د)



(شکل ۱۰۱ هـ)

- والشكل (٢) دينامو دائرى ذات قطبين
والشكل (٣) دينامو دائرى ذات أقطاب متعددة
والشكل (٤) دينامو ذات قطبين عريضين بحيث أن عضو استنتاجه يكون
مغموراً كله فى الخطوط المغناطيسية لعضو التوليد
والشكل (٥) دينامو مربع الشكل ذات قطبين

الفصل الثانى

مزايا كل نوع من أنواع الديناموات ذات الأقطاب المغناطيسية الكهربية

بند ٦٩ — لدرس مزايا كل نوع من أنواع هذه الديناموات يجب عمل
المنحنيات الآتية

(١) العلاقة بين الضغط الكهربائى على طرفى الحمل المحمل به الدينامو
وشدة تيار هذا الحمل
ومن هذه العلاقة يمكننا أن نعرف مقدار التأثير على قيمة هذا الضغط
بزيادة الحمل

ويسمى المنحنى المرسوم بينهما بالمنحنى الخاص الخارجى للدينامو
(٢) معرفة مقدار ما يحدثه زيادة الحمل على القوة الدافعة المتولدة . ومنه
يمكننا أن نعرف احدى العوامل . بل أهمها . المسببة للتغيرات الحاصلة فى
الضغط الكهربائى على الفرش بزيادة الحمل فى المنحنى الاول
وبما أن شدة تيار الحمل تقل فى دينامو التوازي عن التيار الكهربائى
الخارج من عضو الاستنتاج (عن طريق الفرش) بمقدار تيار لفات عضو
التوليد (بند ٦٦)

وأن المؤثر على القوة الدافعة المتولدة — ان كان هناك أى تأثير — هو الشدة

الكلية الخارجة من عضو الاستنتاج
إذا يجب — لمعرفة التأثير الحقيقي — أن توجد العلاقة بين القوة الدافعة
والشدة الكلية

ويسمى المنحنى المرسوم بينهما بالمنحنى الخاص الكلى لأنه يجمع بين الضغط
الكلى المتولد والشدة الكلية الخارجة من الدينامو
من هذين المنحنيين يمكننا أن نعين الدوائر التي يستعمل فيها كل نوع من
هذه الديناموات دون الآخر

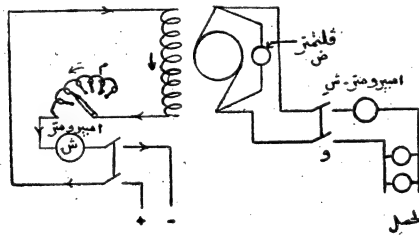
المنحنى الخاص للدينامو ذات التغذية الخارجية

بند ٧٠ — الرسم (شكل ١٠٢) يبين كيفية توصيل هذا الدينامو لايجاد
المنحنى الخاص الخارجى

ولأجل عمل التجربة تتبع ما يأتى

(١) يدار الدينامو بسرعه القانونيه أى المرقومة عليه

(٢) وبواسطة المقاومة المنظمة المتصلة بالتوالى مع لفات عضو التوليد



نثبت أمبير التغذية س الى أن يصل الفلت
المتولد أقصى فلت للدينامو المرقوم عليه
وهذا الفلت يقرأ بواسطة الفلتمتر
الموصل على طرفى الفرشتين (وذلك قبل
توصيل دائرة الحمل)

(شكل ١٠٢)

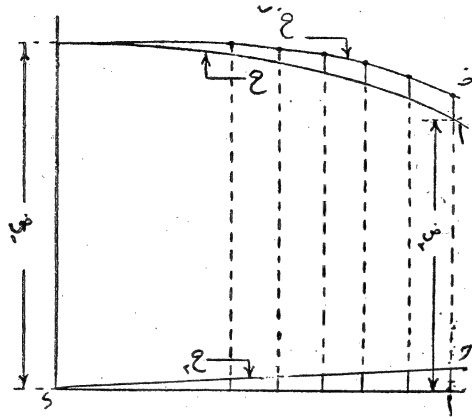
(٣) نصل دائرة المصابيح الكهربائية . المبينة . بالدينامو بمفتاح التوصيلة و

(٤) ثم بواسطة الامبير ومتر س ، نقرأ شدة تيار الحمل

(٥) نرسم المنحنى الخاص الخارجى ح بين الضغط ص (احداثى رأسى)

وشدة تيار الحمل س ، (احداثى أفقى) المقابلة له وذلك بزيادة عدد المصابيح

الكهربائية (أو الحمل) المتصلة بالدينامو مع ملاحظة ثبوت تيار التغذية من أثناء التجربة. والتجارب دلت على أن المنحنى الخاص الخارجى ϵ لهذا النوع وهو المبين



(شكل ١٠٣)

(شكل ١٠٣) يميل قليلاً عن

الخط الأفقى كلما زاد الحمل ϵ

وهذا الميل ناتج عن :

(١) ما يفقد من القوة

الدافعة الكهربائية المتولدة ϵ

— وهى التى يقرأها الفلتمتر

عند ما تكون $\epsilon =$ صفراً

قبل توصيل الحمل — فى مقاومة

أسلاك الاستنتاج بما فيه مقاومة الفرش

(٢) هبوط نفس القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بزيادة الحمل نتيجة

أضعاف التدفق المغناطيسى بتأثير مغناطيسية التيار الكهـر بائى فى أسلاك الاستنتاج

أى نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج المشروح فى الفصل الأول من الباب الرابع

ولكن هذا الأخير يمكن تلافيه بالطرق المبينة فى الباب الرابع. وعليه يكون

هبوط الفلت ناتج عن السبب الأول وهو بسيط جداً خصوصاً إذا لاحظنا أن

مقاومة أسلاك الاستنتاج والفرش لا تتعدى كسراً بسيطاً جداً مثل ٠,٠٥ فى

الديناموات المصممة تصميماً دقيقاً

ولرسم المنحنى الخاص الكلى تتبع الطريقة الآتية

نفرض أن مقاومة الفرش والاستنتاج $\epsilon =$

نقيم من نقطة ١ — على الاحداثى الأفقى للمنحنى الخاص الخارجى — ١ ح

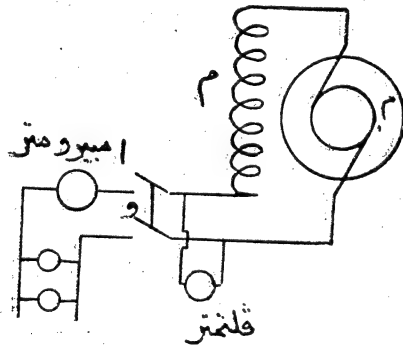
$=$ مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج عند ما تكون شدة تيار الحمل ϵ

$=$ ١. وهذا المفقود $\epsilon =$ س ١ م

وبما أن $\frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi f} = \frac{1}{2\pi \times 50} = \frac{1}{628} \approx 0.00158$ م = قيمة ثابتة (باعتبار أن م ثابتة)
 إذا لو وصلنا ح بنقطة و وهى تقاطع السينات الرأسى بالافقى ينتج لنا منحنى
 مفايد الضغط فى الفرش والاستنتاج ح و
 و باضافة مفقود الضغط مثل ١ ح المقابل لشدة تيار الحمل مثل ١ و والضغط
 على الفرش مثل ص م على هذا الاخير ينتج لنا القوة الدافعة المتولدة مثل ١ ح
 وبتوصيل جميع النقط ينتج لنا المنحنى الخاص الكلى للدينامو و ينتظر أن
 يكون هذا المنحنى خطاً أفقياً اذا تجنبنا التأثير الحاصل فى الفقد (٢)
 وهذا النوع يستعمل فى الدوائر المحتاجة لضغط كبير مثل ٥٠٠ فلت وثابت
 وكذلك شدة كبيرة كدوائر المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية
 والتيار المغذى للاقطاب يؤخذ عادة من دينامو صغير من النوع التوازى
 مثبت على نفس محور دوران الدينامو الاصلى
 والديناموات ذات التيار المتغير الاتجاه هى من هذا النوع حيث تغذى أقطابها
 بتيار مستمر الاتجاه (وهو فى الغالب كما قلنا دينامو توازى)

دينامو التوالى

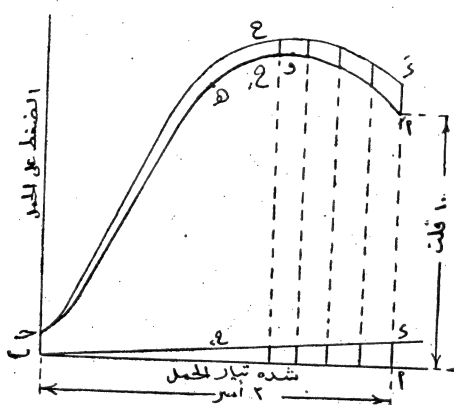
بند ٧١ — اذا وصلنا كما فى الشكل ١٠٤ ثم تركنا دائرة الحمل مفتوحة
 وأدراها بآلة ميكانيكية الى أن يصل لسرعته
 القانونية المرقومة عليه فأسلاك عضو
 الاستنتاج تقطع أثناء الدوران خطوط
 التدفق المغناطيسى الناتج عن المغناطيسية
 الباقية فى أقطاب عضو التوليد فتولد
 قوة دافعة كهربائية بسيطة جداً
 (لا تتعدى ثلاثه أو أربعة فلت)



(شكل ١٠٤)

وعند توصيل مفتاح التوصيلة (و) على حمل فشدة التيار الناتجة من المغناطيسية (الباقية) ستولد أثناء مرورها في لفات التوالى خطوط قوة مغناطيسية في قلب عضو التوليد تضاف على المغناطيسية الباقية فتزيد القوة الدافعة المتولدة و بالتالى تزيد شدة التيار وكذلك المغناطيسية فيرفع الفلت المتولد وهكذا كلما قللنا مقاومة الحمل لمرور التيار زادت الشدة وكذلك الفلت المتولد الى أن تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت المتولد على مقداره

ولكن الفلت على طرفي الحمل لا بد وأن يقل كلما زاد الحمل بمقدار مفقود الضغط في أسلاك عضو الاستنتاج والفرش وأسلاك عضو التوليد كما يلاحظ من المنحنى الخاص الخارجى ح، شكل ١٠٥ الذى يجمع بين الفلت على طرفي الحمل وشدة



(شكل ١٠٥)

تيار الحمل. نلاحظ أنه عندما تكون دائرة الحمل غير موصلة — أى عند ما تكون س على السينات الافقى = صفر — أن المنحنى يبدأ من النقطة ح على السينات الرأسى بحيث أن ح = الفلت المتولد من المغناطيسية الباقية المبدئية في أقطاب عضو التوليد (شكل ١٠٥)

وعند توصيل الحمل يزيد الفلت على طرفيه بنسبة زيادة تيار الحمل تقريباً أو بمعنى آخر تتناسب زيادة التدفق المغناطيسى مع زيادة شدة التيار وهذا يستمر الى أن تقرب الاقطاب من درجة التشبع وهذا مبين على المنحنى فى نقطة هـ حيث يبدأ المنحنى أن يتقوس لأن زيادة المغناطيسية و بالتالى زيادة الفلت لا يتناسب مع زيادة التيار الكهربائى بل أقل منها الى أن يصل المنحنى الى نقطة مثل و حيث تتشبع الاقطاب

ففى هذه النقطة يبدأ الفلت على الحمل ينقص بزيادة الحمل لأن مفقود

الضغط في لفات عضو التوليد والفرش وأسلاك الاستنتاج (مضافاً إليه تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على الفلت المتولد المبين في الفصل الاول من الباب الرابع) لا يعوض عنه بزيادة القوة الدافعة المتولدة كما كان الحال قبل الوصول لدرجة التشبع

ولايجاد المنحنى الخاص الكلى لدينامو التوالى تتبع الطريقة الآتية : —
نفرض أن مقاومة لفات التوالى م (شكل ١٠٤) $= ١,٢$ والفرش
وأسلاك الاستنتاج م $= ١,٢$ والضغط على طرفى الحمل $ص = ١٠٠$ فلت
٦ شدة تيار الحمل س $= ٢٠$ أمبير

مفقود الضغط في لفات التوالى $= ١,٢ \times ٢٠ = ٢$ فلت
٦ مفقود الضغط في لفات أسلاك الاستنتاج بما فيه الفرش $= ١,٢ \times ٢٠$
 $= ٢$ فلت

مجموع ما فقد من الضغط $= ٤$ فلت (لأن لفات عضو التوليد متصلة بالتوالى مع الفرش)

وبما أن $\frac{\text{مفقود الضغط الكلى المبين}}{\text{شدة تيار الحمل}} = \text{مقاومة لفات التوليد والفرش}$
وأسلاك الاستنتاج = قيمة ثابتة تقريباً

إذا لو أخذنا على الاحداثى الأفقى للمنحنى الخاص الخارجى للدينامو
(شكل ١٠٥) $١ = ٢٠$ أمبير (بدلاً من ٢ أمبير المبينة على المنحنى) فالضغط
١ المبين على المنحنى $= ١٠٠$ فلت (وهو الضغط على الحمل المبين سابقاً)
وإذا أقننا المستقيم $١ =$ مفقود الضغط الكلى $= ٤$ فلت فالخط ب و
يبين منحنى مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج ولفات عضو التوليد (ج)
فاذا أضفنا المفقود من الضغط مثل ١ و على ما يقابل له من الضغط
الخارجى على المنحنى الخاص الخارجى مثل ١ في كل حالة من قراءة الشدة ووصلنا

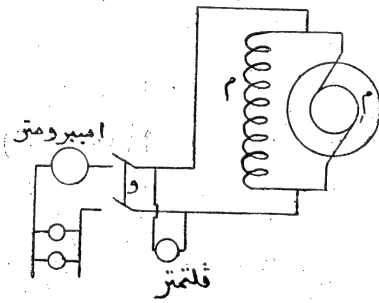
النقط الناتجة عن ذلك ينتج لنا المنحنى الخاص السكلى ح لدينامو التوالى كالمبين فوق المنحنى الخاص الخارجى ح فى (شكل ١٠٥)

ويستعمل هذا النوع فى المصابيح القوسية (لأنها تحتاج لشدة ثابتة وضغط متغير) بشرط أن الفلت يبدأ على الجزء المائل ١ مثلاً (شكل ١٠٥) وهذا ممكن إذا عرفنا أن قلبى الكربون يكونان متلامسين فى بدء التوصيل فالتيار الكهربائى وبالتالى الفلت يرتفع تدريجياً حتى تصل الاقطاب لدرجة التشبع وبعد هذا يهبط الفلت كما بينا وفى هذه الاثناء ينفصل قلبا الكربون بالطريقة الاتوماتيكية المعروفة فى تصميم هذه المصابيح فتزيد المقاومة بين قلبى الكربون فيرجع الفلت على يسار ١ فيرتفع وهكذا فتصير قيمة التيار الكهربائى ثابتة وهو المطلوب حيث يصير تنظيمه أوتوماتيكياً

ويستعمل أيضاً هذا النوع كديناموات مساعدة لتعويض عما يفقد من الضغط فى الاسلاك المغذاة من الدينامو الاصلى (وهو مبين فى الفصول الآتية من هذا المؤلف)

دينامو التوازي

بند ٧٢ — اذا وصلنا هذا النوع كما فى (شكل ١٠٦) بدائرة مصابيح وأمبير ومتر



(شكل ١٠٦)

لقراءة شدة تيار الحمل ومفتاح توصيلة وفلتر لقراءة الفلت على طرفى الحمل (أو على طرفى الفرش) وكانت دائرة المصابيح مفتوحة فالفلت المتولد من المغناطيسية الباقية فى الاقطاب يسبب تياراً كهربائياً يخرج من الفرشة الموجبة

ويمر فى لفات عضو التوليد ويرجع لاسلاك الاستنتاج عن طريق الفرشة السالبة فالمغناطيسية المتولدة من أمبير لفات عضو التوليد تضاف الى المغناطيسية الباقية

(وهذا ما يجب مراعاته عند توصيل طرفى لفات عضو التوليد بالفرش حتى لا تعارض المغناطيسية المتولدة المغناطيسية الباقية) فيرتفع الفلت المتولد وتزيد شدة التيار وبالتالي تزيد المغناطيسية وكذلك الفلت المتولد وهكذا الى أن تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت وهو أقصى ما يمكن توليده فى الدينامو بسرعه القانونيه

وبما أن مقاومة لفات التوازي كبيرة (بند ٦٧) فالتيار الكهربائى يكون صغيراً جداً (وهو الذى يبنى بواسطته الفلت) وعلى ذلك فمفقود الضغط فى لفات الاستنتاج بما فيه الفرش يكون بسيطاً جداً يمكن اهماله واعتبار الفلت على طرفى الفرش (ودائرة المصابيح مفتوحة كما قلنا) مساوٍ للقوة الدافعة الكهربائيه المتولدة فى الدينامو

أما اذا وصلنا دائرة المصابيح (بواسطة مفتاح التوصيله و) فالتيار الكهربائى الخارج من لفات عضو الاستنتاج عن طريق الفرش يزداد بازدياد الحمل للدينامو (وهى المصابيح مثلاً) . والضغط على طرفى الفرش (أى على طرفى لفات عضو التوليد) يقل عن قيمته لما كانت دائرة المصابيح مفتوحة بمقدار مفقود الضغط فى مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج فتقل المغناطيسية المتولدة

$$\text{فى الاقطاب (لان تيار عضو التوليد = } \frac{\text{الفلت على الفرش}}{\text{مقاومة لفات عضو التوليد}} \text{)}$$

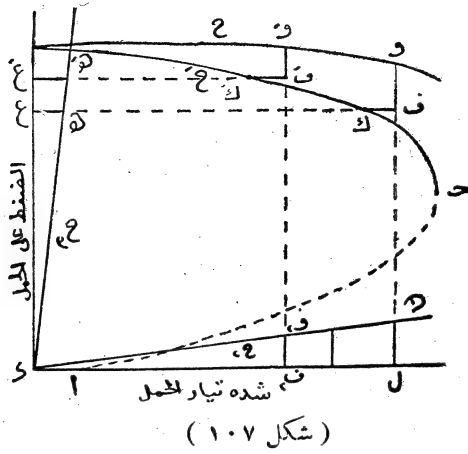
بما تقدم نرى أن هبوط الفلت على طرفى الفرش بزيادة شدة تيار الحمل ليس ناتجاً عما يفقد فى الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط بل عن هبوط المغناطيسية فى عضو التوليد

والخط البيانى المرسوم (شكل ١٠٧) يبين شكل المنحنى الخاص الخارجى

ع لهذا النوع

نلاحظ أنه توجد نقطة على المنحنى اذا زاد الحمل عنها (وزيادة الحمل

معناها تصغير المقاومة الخارجية بزيادة المصابيح (فالتيار المار في لفات عضو



التوليد يقل جداً لدرجة أن المغناطيسية تهبط هبوطاً كبيراً يعقبه نزول الفلت وكذلك التيار الخارج من الدينامو ويستمر النزول بزيادة عدد المصابيح حتى يقتصر التيار الكهربائي على القيمة الناشئة من الفلت المتولد من المغناطيسية

الباقية وهو د المبين على الاحداثي الافقي

ولذلك تحمل هذه الديناموات بأحمال لا توصلها الى هذه النقطة ح المسماة بالنقطة الحرجة بل ان أقصى حمل يمكن تحميل هذا النوع به يجب أن يراعى فيه أن هبوط الفلت على الفرش لا يؤثر كثيراً في شدة التيار في عضو التوليد وبالتالي في التدفق المغناطيسي

لهذا السبب لا يمكن استعماله في المصابيح القوسية لان قلبي الكربون عند توصيل التيار يكونان متلامسين أى أن دائرة المصابيح تكون فيها قصر في بدء التوصيل وقد رأينا من المنحنى نتيجة ذلك

ولذلك يمكن اعتبار هذا النوع ثابت الفلت اذا أهملنا ما يفقد منه في مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج (هذا مع تلافي تأثير رد فعل عضو الاستنتاج بالطرق المبينة في الفصل الاول من الباب الرابع)

ويستعمل هذا النوع في الدوائر اللازمة لها ضغط ثابت مثل المصابيح المتوهجة ومن أهم استعمالها أيضاً شحن البطاريات الثانوية (والأسباب المذكورة في باب البطاريات الثانوية)

ولرسم المنحنى الخاص الكلى نتبع الطريقة الآتية : —

نفرض أن مقاومة لفات التوليد = ١٦٠^٣ ومقاومة أسلاك الاستنتاج بما فيها الفرش = ٠,١^٣

نأخذ أى نقطة α على المنحنى الخاص الخارجى Γ (شكل ١٠٧) وليكن الضغط المقابل لها ٢٠٠ فلت والشدة ٣٠ أمبير

$$\frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{مقاومة أسلاك التوليد}} = \text{شدة التيار فى أسلاك عضو التوليد}$$

$$= \frac{٢٠٠ \text{ فلت}}{١٦٠} = ١,٢٥ \text{ أمبير}$$

وشدة التيار الكلية أى الخارجة من أسلاك الاستنتاج = شدة تيار الحمل + تيار عضو التوليد = ١,٢٥ + ٣٠ = ٣١,٢٥ أمبير

وبما أن $\frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{شدة تيار عضو التوليد}} = \text{مقاومة لفات التوليد} = \text{قيمة ثابتة تقريباً}$

إذاً لو رسمنا خطاً أفقياً $\alpha\beta$ حتى يتقاطع مع السينات الرأسى فى نقطة ϵ وأخذنا عليه $\epsilon\delta = ١,٢٥$ أمبير (وهى شدة التيار فى عضو التوليد عند ما يكون الضغط ٢٠٠ فلت)

فالخط $\delta\epsilon$ عبارة عن منحنى الشدة المنصرفة فى عضو التوليد Γ فلو أضفنا $\epsilon\delta$ على امتداد $\alpha\beta$ فالخط $\alpha\epsilon\delta$ = الشدة الكلية = ٣١,٢٥ أمبير

نقيم بعد ذلك الخط الرأسى $\alpha\beta$ فيتقاطع مع السينات الأفقى فى نقطة α فالخط $\alpha\beta$ = الشدة الكلية الخارجة من الفرش

ثم نقيم $\alpha\beta$ على هذا المستقيم ($\alpha\beta$) = مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٣١,٢٥ أمبير $\times ١,٢٥$ فلت = ٣,١٢٥ فلت

وبما أن $\frac{\text{مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{الشدة الكلية الخارجة من الفرش}} = 1 = \text{قيمة}$

ثابتة تقريباً

إذا لو وصلنا \mathcal{E} د ينتج لنا منحنى مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج \mathcal{E}

فلو أضفنا ل \mathcal{E} على امتداد ل ف ينتج الخط ل و = القوة الدافعة الكهربية المتولدة

إذا . و . هي إحدى نقط المنحنى الخاص الكلي

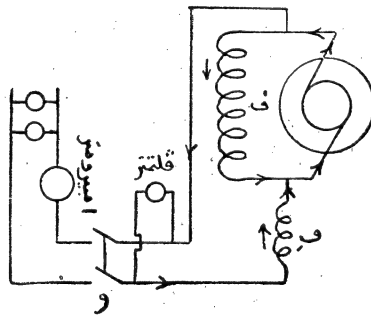
فيمكننا بهذه الطريقة إيجاد جميع النقط مثل . و . وتوصلها ببعضها ينتج لنا المنحنى الخاص الكلي \mathcal{E}

هذا المنحنى مهم في نظر المهندس لانه يبين له مقدار تأثير التيار الكهربي بأى الخارج من الدينامو (أى بما فيه تيار عضو التوليد) على القوة الدافعة المتولدة فإذا كان المنحنى أفقياً أى موازياً للسينات الأفقى فهذا دليل على أن التدفق المغناطيسى لم تتغير قيمته بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج أو بتأثير هبوط التيار الكهربي بأى قليلا في أسلاك عضو التوليد ؟

الدينامو المركب القصير

بند ٧٣ — لفات التوالى ف فى هذا النوع

متصلة بالتوالى مع الحمل



(شكل ١٠٨)

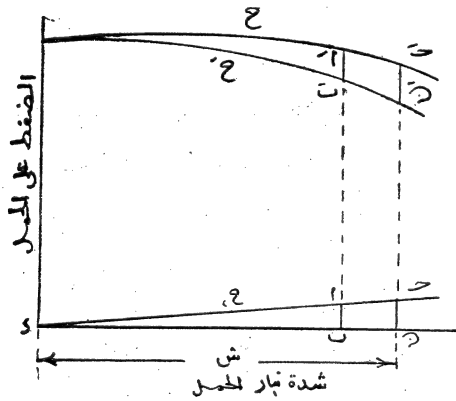
فاذا وصلنا هذا النوع بدائرة خارجية (مصباح كهربية مثلاً) كما هو مبين بشكل ١٠٨ وكانت الدائرة مفتوحة فاللفات المتولدة يبلغ أقصى ما يمكن لأن التيار الكهربي يمر من الفرشة الموجبة في لفات عضو التوليد التوازي ف كما

هو الحال في دينامو التوازي

فاذا وصلنا دائرة المصابيح بواسطة مفتاح التوصيلة فيمكن أن يظل الفلت على طرفي الحمل ثابتاً ومساوٍ للقوة الدافعة المتولدة مهما زاد الحمل اذا كانت المغناطيسية المتولدة حول لفات التوالى في عند زيادة الحمل تزيد عن المغناطيسية المفقودة حول لفات التوازي نتيجة هبوط التيار الكهربائي فيها بحيث أن الفلت المتولد من هذه الزيادة يساوى ما فقد في الفرش وأسلاك الاستنتاج

وفي الحقيقة أن الدينامو المركب بنوعيه هو دينامو توازي مع اضافة لفات توالى على عضو التوليد لتعويض المفايد كما بينا ذلك. ونلاحظ أن قراءة الفلتمتر الموضوع على طرفي الفرش في هذا النوع (المركب القصير) اكبر من قراءته اذا وضع على طرفي الحمل بمقدار ما فقد في مقاومة لفات التوالى اذا لو وضعنا الفلتمتر على طرفي الفرش يمكننا ايجاد المنحنى الخاص الكلى باعتباره دينامو توازي (فيما يختص بطريقة العمل)

ويستعمل هذا النوع في الدوائر المستقلة وفي الدوائر ذات المسافات البعيدة حيث في هذا الاخير تزداد لفات التوالى حتى تعوّض عما يفقد في الاسلاك الخارجية أيضاً



والمنحنى المرسوم ح شكل (١٠٩) عبارة عن المنحنى الخاص الخارجى لهذا النوع

ويمكننا ايجاد المنحنى الذى يجمع بين الضغط على الفرش وشدة تيار الحمل

(شكل ١٠٩)

فلوفرصنا أن س أمبير

= شدة التيار لآى حمل من الاحمال على المنحنى = د مثلاً ٦ م = مقاومة

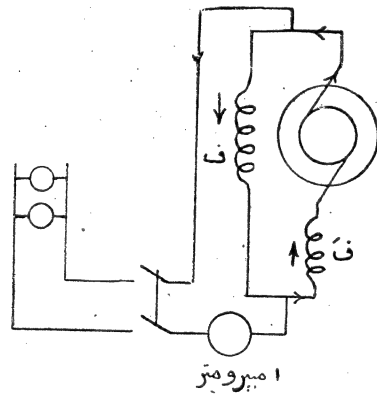
لفات التوالى ف . فاذا أقمنا من نقطة د مستقيماً ح = مفقود الضغط في
لفات التوالى ف . أى = س م فالمستقيم ح د عبارة عن منحنى مفقود الضغط

$$\text{في لفات التوالى ح. (لان } \frac{م}{س} = م = \text{قيمة ثابتة تقريباً)}$$

فاذا أضفنا مفايد الضغط مثل ح د على ما يقابلها من الضغط على الحمل
على المنحنى الخاص الخارجى مثل د د . ووصلنا النقط الناتجة مثل ح د هـ أ
ينتج لنا المنحنى ح الذى يجمع بين الضغط على الفرش وشدة تيار الحمل ومن
هذا المنحنى يمكننا إيجاد المنحنى الخاص الكلى بنفس الطريقة المتبعة لإيجاد
المنحنى الكلى فى دينامو التوازى (شكل ١٠٧)

المركب الطويل

بند ٧٤ — بما أن لفات التوالى ف فى هذا النوع متصلة بالتوالى مع



شكل ١١٠

الفرش (شكل ١١٠)

إذاً لو أضفنا مقاومة هذه اللفات
على مقاومة الفرش يمكننا استخراج
المنحنى الخاص الكلى من المنحنى
الخاص الخارجى بنفس الطريقة
الموضحة فى (شكل ١٠٧) للدينامو
التوازى

وبما أن التيار الكلى الخارج من

هذا النوع يمر على لفات التوالى قبل أن يتوزع على لفات التوازى والحمل فالقوة
الدافعة المتولدة ودائرة الحمل مقطوعة تكون أكبر فى المركب الطويل عنه إذا
كان قصيراً لأن التيار الكهربائى فى لفات توالى هذا الأخير = صفراً مادامت
دائرة الحمل مقطوعة

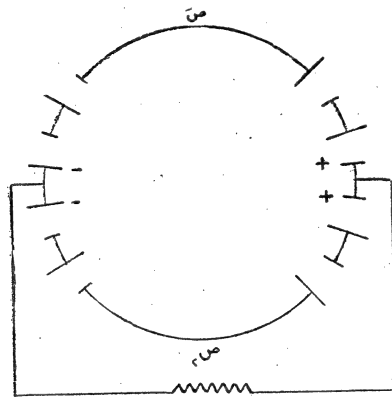
ولكن مفقود الضغط في لفات التوالى للمركب الطويل أكبر من المفقود في لفات التوالى اذا كانت التوصيلة مركباً قصيراً لأن التيار في لفات التوالى للاول = تيار الحمل + تيار عضو التوليد

فالفلت على طرفى الاحمال الكبيرة فى المركب الطويل أقل منه فى المركب القصير ولذلك نرى أن المركب القصير أصح فى الاستعمال من المركب الطويل

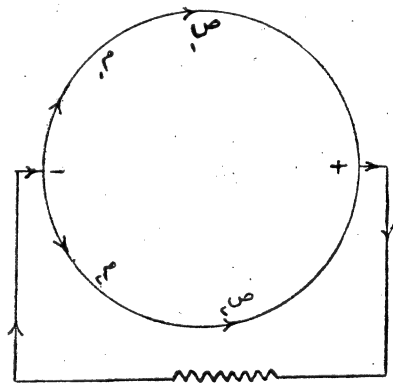
القوة الدافعة والمقاومة في لفات عضو الاستنتاج

بند ٧٥ - يجب أن تتساوى القوات الدافعة الكهربائية المتولدة في مجموعات اللفات (أو الدوائر) المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة وكذلك مقاومتها

اذ لو فرضنا أن القوتين الدافعتين المتولدتين في الدائرتين المكونة منهما لفات عضو استنتاج ديناموذى قطبين (حيث يكون عدد الدوائر اثنين سواء كانت اللفات تموجية أو انطباقية) غير متساويتين فثلهما مثل بطاريتين مختلفتين في القوة الدافعة فهما ومتصلتين بالتوازي والشكلان ١١١ و ١١٢ يبينان ذلك



(شكل ١١٢)



(شكل ١١١)

فلنفرض أن E_1 و E_2 القوتان الدافعتان المتولدتان في المجموعتين المبيئتين

فاذا كان الدينامو غير محمل (أى أن دائرة الحمل مقطوعة) فلا بد من مرور تيار محلى بين المجموعتين بنسبة فرق قوتيهما الدافعة الكهربية ونسبة

$$\frac{V_1 - V_2}{\text{مقاومة المجموعتين}} = (\text{قانون أوم})$$

وبما أن مقاومة لفات الاستنتاج يجب أن تكون صغيرة ما أمكن حتى لا يفقد فيها جزء كبير من القوة الدافعة المتولدة (وبالتالي من القدرة الكلية) كما هو الحال فى المقاومات الداخلية للاعمدة الكهربية اذا أشدة التيار الكهربائى المحلى ستكون كبيرة

فلو فرضنا أن $V_1 = 102$ فلت $V_2 = 6$ فلت 100 فلت ومقاومة المجموعتين $= 0.03$

$$\text{فالتيار الكهربائى المحلى} = \frac{102 - 100}{0.03} = 40 \text{ أمبير}$$

والقدره المنصرفة فى الاسلاك نتيجة هذا التيار $= 240 \times 0.05 = 80$ وات وهذه القدره المفقوده فضلاً عن عدم الانتفاع بها تسبب ارتفاع درجة حرارة الاسلاك لدرجة ربما كانت خطيرة على المادة العازلة حول الاسلاك أما لو حملنا الدينامو فهناك ثلاثة احتمالات فيما يختص باشتراك المجموعتين فى الحمل

(١) أن تشترك المجموعتان فى الحمل . وهذا ممكن اذا كانت شدة تيار الحمل تسمح بأن يكون الضغط على طرفى الحمل أصغر من كل من القوتين الدافعتين المتولدين فى كلتا المجموعتين

(٢) أن تقوم احدى المجموعتين بالحمل كله بينما التيار الكهربائى فى المجموعة الثانية = صفراً وهذا ممكن اذا كان تيار الحمل يسمح بأن يكون الضغط على طرفيه = القوة الدافعة المتولدة فى هذه المجموعة الثانية

(٣) أن تقوم احدى المجموعتين بالحمل وتعطى تياراً للمجموعة الثانية وهذا

ممکن اذا كان الضغط صه على طرفي الحمل اكبر من القوة الدافعة المتولدة في هذه المجموعة الثانية (وذلك بتأثير الحمل)

ولتوضيح ذلك نفرض أن تيار الحمل $100 = 100 \text{ أمبير } \text{صه}$ فلت $100 = 100 \text{ فلت}$
 $100 = 100 \text{ فلت}$ ومقاومة كل من المجموعتين 1 ار
 ونفرض أن $1 \text{ س} =$ شدة التيار في المجموعة 100 صه $1 \text{ س} =$ شدة التيار في المجموعة 100 صه

فالضغط على طرفي الحمل الناتج عن المجموعة $100 = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$
 والناتج عن المجموعة $100 = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$
 وبما أن المجموعتين متصلتان بالتوازي
 إذا $100 = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار} = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$
 ولكن $1 \text{ س} + 1 \text{ س} = 100 \text{ أمبير}$
 أي أن $1 \text{ س} = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار} = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$
 وبالتعويض ينتج أن

$$100 - 100 (1 \text{ س} - 100) = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$$

$$\text{أي أن } 1 \text{ س} = 100 \text{ فلت} - 100 \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا } 1 \text{ س} = 100 \text{ فلت} - 100 \text{ أمبير}$$

والضغط $\text{صه} = 100 \text{ فلت} - 100 \text{ أمبير} \times 1 \text{ ار} = 100 \text{ فلت}$
 من هذا المثل نرى أن المجموعتين اشتراكتا في الحمل لأن الضغط على طرفي الحمل — أي 100 — أقل من القوة الدافعة لكتيهما

أما لو كانت شدة تيار الحمل 10 أمبير مثلاً بدلا من 100 أمبير
 أي أن $1 \text{ س} + 1 \text{ س} = 10 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار} = 10 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$
 فبالتعويض كما في المسألة السابقة ينتج لنا أن

$$100 - 100 (1 \text{ س} - 10) = 100 \text{ فلت} - 1 \text{ س} \times 1 \text{ ار}$$

$$\text{أي أن } 1 \text{ س} = 10 \text{ فلت} - 10 \text{ أمبير} = \text{تيار الحمل}$$

أى أن المجموعة Σ تعطى جميع تيار الحمل
ويمكن أن نبرهن أن Σ فى المجموعة $\Sigma =$ صفراً فى الفرض الأخير
لأننا اذا عوضنا Σ ينتج لنا أن $\Sigma - 100 = 1 \times \Sigma - 101 = (10 - \Sigma) \times 1$
أى أن $100 - \Sigma = 1 \times \Sigma - 101 = 1 \times \Sigma + 1 - 101 = 1 \times \Sigma - 100 =$

وهذا لا يمكن الا اذا كانت $\Sigma =$ صفراً

كذلك يمكننا أن نبرهن أن الضغط على الحمل Σ فى هذه الحالة $=$
القوة الدافعة للمجموعة Σ لأن التيار الكهربائى فيها $=$ صفراً
لان $\Sigma =$ القوة الدافعة للمجموعة $\Sigma -$ مفقود الضغط فى لفاتها
 $= 101 - 10 \times 1 = 100$ فلت $=$ القوة الدافعة فى المجموعة Σ

كذلك يمكننا أن نبرهن بنفس الطريقة أن المجموعة Σ تعطى تيار الحمل
وتياراً محلياً للمجموعة Σ اذا نقص تيار الحمل عن القيمة التى تجعل التيار فى
المجموعة $\Sigma =$ صفراً وفى هذه المسألة هذه القيمة $= 10$ أمبير
من ذلك يتضح أنه يجب أن تكون القوة الدافعة متساوية فى جميع دوائر
لفات عضو الاستنتاج منعاً للفقد والحرارة الناتجة عن التيار الكهربائى الموضعى
المتسبب من هذا الاختلاف

كذلك اختلاف المقاومات يتسبب عنه اختلاف فى التيار الكهربائى
الخارج من كل مجموعة وكذلك فى درجة الحرارة لكل منها وهذا الاختلاف
غير مرغوب فيه لأنه يضعف من متانة المادة العازلة
لذلك يجب ايضا ان تكون المقاومات لجميع دوائر لفات عضو الاستنتاج
متساوية

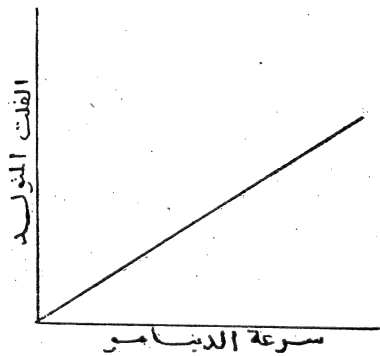
الفصل الثالث

تنظيم الفلت المتولد في الدينامومات

بند ٧٦ - الفلت المتولد في الدينامو

$$= \left(\frac{2 \times 10^{-8} \times \text{ف} \times \text{د} \times \text{ت} (\text{بند ٥١})}{\text{ع} \times 60} \right)$$

وبما أن الأعداد المحصورة بين القوسين ثابتة في الدينامو .
إذا الفلت المتولد يتناسب مع د × ت . أى مع السرعة × التدفق المغناطيسى
فاذا رسمنا منحنياً بين سرعة الدينامو مقدرةً بعدد الدورات في الدقيقة
والفلت المتولد بحيث أن التدفق المغناطيسى يكون ثابتاً على طول التجربة
فالمنحنى يكون خطاً مستقيماً (شكل ١١٣)



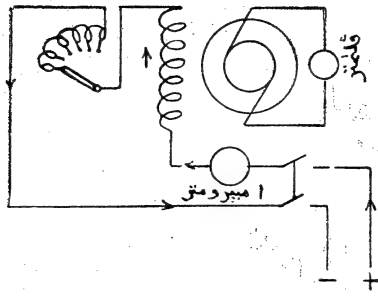
(شكل ١١٣)

ولأجل تثبيت التدفق المغناطيسى
يجب وضع مقاومة بالتوالى مع لفات
عضو التوليد وبواسطة تثبيت تيار
التغذية وعلى ذلك يصير التدفق
المغناطيسى ثابتاً

ويستحسن في هذه التجربة أن
تكون تغذية لفات عضو التوليد من

الخارج كما هو مبين (بشكل ١١٤) لأنه توجد صعوبة في تثبيت تيار التغذية
إذا كان من نفس الدينامو بتغيير السرعة

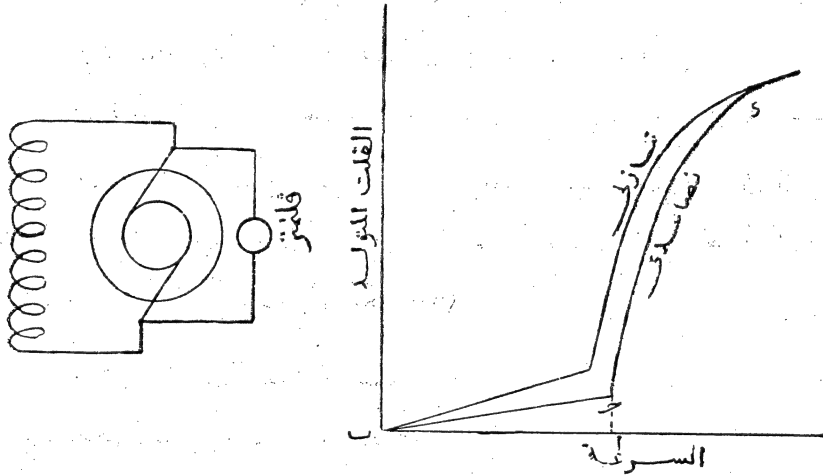
والمنحنيان (شكل ١١٥) يبينان العلاقة بين سرعة دينامو توازى (شكل



(شكل ١١٤)

(١١٦) والفلت المتولد. أحدهما تصاعدي والآخر تنازلي (وذلك من غير تثبيت تيار التغذية) وكل منهما مكون من ثلاثة درجات ب ح و وما بعد نقطة و فالأولى منهما تبين أن الفلت المتولد بسيط جداً إلى أن تصل السرعة إلى ما

بعد نقطة ١ حيث يرتفع الفلت بسرعة لأن التغذية أصبحت كافية لذلك ولكن المنحنى يتقوس تدريجياً لقرب تشبع الاقطاب إلى أن يصل لنقطة مثل د. وهي



(شكل ١١٥)

(شكل ١١٦)

النقطة التي تشبعت فيها الاقطاب بالمغناطيسية . فالمنحنى من ح إلى د عبارة عن الدرجة الثانية

وبما أن الاقطاب تشبعت فالدرجة الثالثة وهي المنحنى المرسوم بعد نقطة د يتناسب فيه الفلت مع السرعة لأن المغناطيسية ثابتة لتشبع الاقطاب كما قلنا وبديهي أن المنحنى التنازلي لا ينطبق على التصاعدي بل أن الفلت المتولد فيه يكون أكبر بمقدار المغناطيسية الباقية في الاقطاب عند النزول بالسرعة من هذه المنحنيات السابقة نستنتج أننا يمكننا تنظيم الفلت المتولد بتغيير

سرعة المحرك الميكانيكي المستمد منه الحركة ولكن هذه الطريقة غير عملية خصوصاً وأن المحركات الميكانيكية مثل التربينات وآلات ديزل لها سرعة محدودة يجب أن لا تتعداها ومع ذلك فالدينامو نفسه مصمم على سرعة محدودة أيضاً. هذا من جهة ومن جهة أخرى فالمهندس الكهربائي القائم بتنظيم الفلت سيصبح مقيداً في تنظيم فلت الديناموات التي تحت ادارته بتنظيم سرعة المحركات الميكانيكية التي في غالب المحطات ليست من اختصاصه

معنى المنحنى في الديناموات

بند ٧٧ — قلنا أن الفلت المتولد يتناسب مع السرعة \times المغناطيسية فإذا رسمنا منحنياً بيانياً بين التدفق المغناطيسي في الاقطاب وبين الفلت المتولد مع تثبيت السرعة أثناء التجربة يمكننا معرفة العلاقة بينهما ولكن المغناطيسية المتولدة في الديناموات تتناسب مع أمبير لفات عضو التوليد الى أن تقرب الاقطاب لدرجة التشبع وبما أن لفات عضو التوليد ثابتة

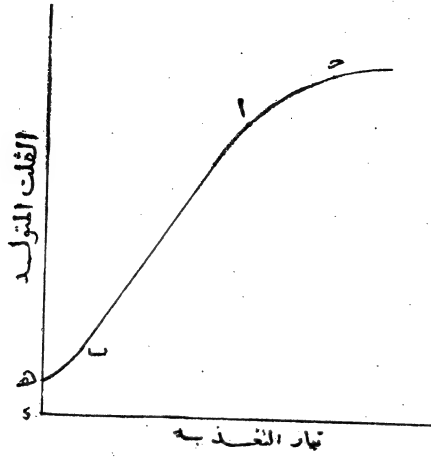
إذاً يمكننا أن نرسم المنحنى بين تيار التغذية في لفات عضو التوليد والفلت والمنحنى المرسوم (شكل ١١٧) يبين العلاقة بين الفلت المتولد لدينامو مغذى من الخارج (احداثى رأسى) وشدة تيار التغذية (احداثى أفقى) وهذا الاخير يمكن تغييره بواسطة مقاومة متصلة بالتوالى مع لفات عضو التوليد (شكل ١١٤)

نلاحظ من هذا المنحنى أنه يحتمل أن يبدأ من الصفر أى أن الفلت المتولد = صفراً عند ما يكون التيار الكهربائى المغذى لللفات عضو التوليد = صفراً

وذلك اذا لم توجد مغناطيسية باقية قبل توصيل تيار التغذية

ويحتمل أن يتولد فلت صغير مثل د ه قبل توصيل تيار التغذية ناتج عن

وجود مغناطيسية باقية



(شكل ١١٧)

كذلك نلاحظ أن المنحنى بين ا ب

خط مستقيم وذلك لان المغناطيسية

المتولدة وبالتالي الفلت المتولد يتناسب

مع شدة تيار التغذية الى أن يصل

المنحنى لنقطة ا مثلاً حيث تبدأ الاقطاب

في التشبع فيتقوس المنحنى الى أن يصل

لنقطة مثل ح حيث تصل الاقطاب

لدرجة التشبع وبعدها يصير المنحنى

خطاً أفقياً أى موازاً للسينات الافقى

لان المغناطيسية وبالتالي الفلت المتولد يصير ثابتاً مهما زاد تيار التغذية لتشبع

الاقطاب كما قلنا

والحقيقة أن هذا المنحنى ينطبق شكلاً مع منحنى التغطس لحديد عضو

التوليد اذا أوجدناه بالطرق المبينة في بند ٢٨ ٦ بند ٢٩

بل يمكننا أن نعين منحنى التغطس شكلاً وموضوعاً لان الفلت المتولد

$$= \frac{2 \times 10^{-10} \times 2 \times \text{ف} \times \text{د}}{2 \times 60}$$

أى أن التدفق المغناطيسى لـ لكل قطب

$$= \frac{2 \times 60}{2 \times 10^{-10} \times 2 \times \text{ف} \times \text{د}} \times \text{الفلت المتولد}$$

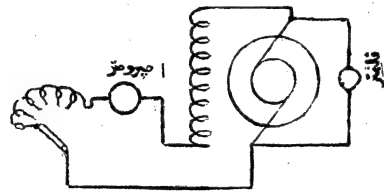
وبما أننا اشترطنا في عمل هذه التجربة أن تكون السرعة د ثابتة

$$\text{اذا فالعكس} = \frac{2 \times 60}{2 \times 10^{-10} \times 2 \times \text{ف} \times \text{د}} = \text{عدد ثابتاً} = \text{ع مثلاً}$$

فاذا قدرناه ورسمنا المنحنى بين الفلت المتولد \times وبين تيار التغذية ينتج

لنا منحنى التغطس المطلوب

غير أن الفرق بين هذا المنحنى وبين منحنى التغطس المبين فى بند ٢٨ ٦
بند ٢٩ أن الاول يبين العلاقة بين التدفق المغناطيسى لكل قطب والتيار
الكهربائى أو الامبير لفات المتولدة لهذا التدفق ولكن الثانى يبين العلاقة بين
الكثافة المغناطيسية λ وقوة التيار المغناطيسية λ أو الامبير لفات المولدة لها
والشكل ١١٨ يبين كيفية توصيل دينامو التوازى لايجاد هذا المنحنى



(شكل ١١٨)

فبواسطة المقاومة م الموضوعه بالتوالى

مع لفات عضو التوليد يمكننا تغيير

شدة تيار التغذية. والامبير ومترالموضوع

فى دائرة التغذية يبين لنا ذلك

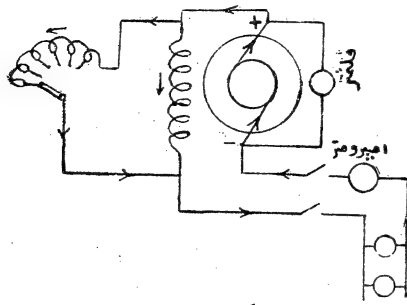
أما فى دينامو التوالى فيما أن المنحنى الخاص الكلى له \times (شكل ١٠٥) يبين
العلاقة بين الفلت المتولد فيه والتيار الكلى الخارج منه وبما أن التيار الكلى

هو نفس تيار التغذية

إذا يمكننا اعتبار المنحنى الخاص الكلى لهذا النوع منحنى التغطس له أيضاً
مما تقدم نرى أنه يمكننا تنظيم الفلت المتولد فى أى دينامو بواسطة تغيير
تيار التغذية وذلك بواسطة مقاومة توضع بالتوالى مع لفات عضو التوليد اذا
كان الدينامو مغذى من الخارج أو دينامو توازى (شكل ١١٤ و ١١٨). وتصمم
هذه المقاومة بحيث أنها تكون أقصى ما يمكن عند ما يكون الدينامو غير محمل
وبذلك يمكن رفع الفلت المتولد اذا هبط الضغط على الحمل. وتوضع بالتوازى
مع لفات عضو التوليد اذا كان الدينامو توالى كما فى شكل ١١٩ وتصمم بعكس
المقاومة السابقة. غير أنه يجب عدم قطع قيمة المقاومة المبدئية كلية والا تحوّل
التيار المبدئى كله فيها وينتج عن ذلك عدم تغذية عضو التوليد

وهذه الطريقة فى تنظيم الفلت المتولدهى المستعملة فى الدوائر الكهربائىة تماماً

ملحوظة — اذا رجعنا بمنحنى التغطس لآى نوع من الأنواع السابقة من



(شكل ١١٩)

الديناموات تنازلياً فبديهي أن هذا المنحنى التنازلى لا ينطبق على المنحنى الاول التصاعدى بل يعلو عنه بمقدار المغناطيسية الباقية كما هو الحال فى منحنى السرعة (شكل ١١٥)

مسائل محلولة عن الباب الثالث

دينامو مركب يعطى ٢٠٠ كيلووات على ضغط ٤٠٠ فلت . فاذا كانت مقاومة لفات التوالى ٠.٢٤ ومقاومة لفات التوازى ١٠٠ وكان مفقود الضغط فى الفرش ٢ ٪ من الضغط على الحمل (٤٠٠ فلت) ومقاومة لفات الاستنتاج ٤ م. فال المطلوب تقدير القوة الدافعة المتولدة (ا) اذا كان مركباً قصيراً (ب) اذا كان مركباً طويلاً

الحل .

مركب قصير

$$\text{شدة تيار الحمل} = \frac{\text{خرج الدينامو بالوات}}{\frac{\text{الضغط على الحمل}}{٤٠٠}} = \frac{٢٠٠٠٠٠}{٤٠٠} = ٥٠٠ \text{ أمبير}$$

وبما أن المركب قصير فشدة التيار المارة فى لفات التوالى = تيار الحمل = ٥٠٠ أمبير

$$\text{إذا الضغط المنصرف فى لفات التوالى} = ٥٠٠ \text{ أمبير} \times ٠.٢٤ = ١٢ \text{ فلت}$$

$$\text{الضغط على الفرش} = \text{الضغط على الحمل} + \text{مفقود الضغط فى لفات التوالى} = ٤٠٠ \text{ فلت} + ١٢ \text{ فلت} = ٤١٢ \text{ فلت}$$

$$\frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{مقاومة لفات التوازي}} = \frac{١٢ \text{ فلت}}{١٠٠} = \text{شدة التيار في لفات التوازي}$$

$$= ١٢,٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{شدة التيار الكلية} = \text{تيار الحمل} + \text{تيار لفات التوازي} = ٥٠٠ \text{ أمبير}$$

$$+ ١٢,٤ \text{ أمبير} = ٥٠٤,١٢ \text{ أمبير}$$

$$\text{مفقود الضغط في لفات الاستنتاج} = ٥٠٤,١٢ \text{ أمبير} \times ٠,٤$$

$$= ٢٠,١٦ \text{ فلت}$$

$$\text{مفقود الضغط في الفرش} = ٤٠٠ \times \frac{٢}{١٠٠} = ٨ \text{ فلت}$$

$$\text{إذا مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج}$$

$$= ٢٠,١٦ + ٨ = ٢٨,١٦ \text{ فلت}$$

$$\text{القوة الدافعة المتولدة} = \text{الضغط على الفرش} + \text{مفقود الضغط في الفرش}$$

$$\text{وأسلاك الاستنتاج} = ٤١٢ + ٢٨,١٦ = ٤٤٠,١٦ \text{ فلت}$$

$$(ب) \text{ مركب طويل}$$

$$\text{في المركب الطويل طرفا الفرش متصلان مباشرة بالحمل}$$

$$\text{إذا الضغط على طرفي الفرش} = ٤٠٠ \text{ فلت}$$

$$٤٠٠ \text{ فلت}$$

$$\text{شدة التيار في لفات التوازي} = \frac{٤٠٠}{١٠٠} = ٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{شدة التيار الكلية أي الخارجة من لفات الاستنتاج}$$

$$= ٥٠٠ \text{ أمبير} + ٤ \text{ أمبير} = ٥٠٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{وبما أن الدينامو مركب طويل فلفات التوالى يمر فيها التيار الكلي أي}$$

$$\text{تيار الحمل} + \text{تيار لفات التوازي} = ٥٠٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا مفقود الضغط في لفات التوالى} = ٥٠٤ \text{ أمبير} \times ٠,٢٤$$

$$= ١٢,٠٩ \text{ فلت}$$

- وفي لفات الاستنتاج $٥٠٤ \text{ أمبير} \times ٠,٤ = ٢٠,١٦$ فلت
- إذا الضغط المنصرف في لفات التوالى + المنصرف في لفات الاستنتاج
- + المنصرف في الفرش $= ١٢,٠٩ + ٢٠,١٦ + ٨ = ٤٠,٢٥$ فلت
- إذا القوة الدافعة المتولدة $= ٤٠٠$ فلت $+ ٤٠,٢٥ = ٤٤٠,٢٥$ فلت
- ملحوظة — من هذا المثل يتضح لنا أن هبوط الفلت في المركب الطويل
- ($٤٠,٢٥$ فلت) أكبر منه في المركب القصير ($٢٠,١٦$ فلت) مع أن الحمل
- في كليهما لم يتغير وكذلك مقاومات اعضائهما . ولهذا السبب يفضل استعمال
- القصير عن الطويل كما سبق قلنا ذلك

- (٢) دينامو مغذى من الخارج ويدور بسرعة ٣٠٠ دورة في الدقيقة
- ويعطى تياراً كهربائياً للدائرة الخارجية $= ٤٠$ أمبير بضغط ١٠٠ فلت . فإذا
- كانت مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج $= ٠,٥$ وارتفعت سرعته الى ٤٠٠
- دورة في الدقيقة . فما هي القوة الدافعة المتولدة منه على هذه السرعة الأخيرة مع
- العلم أن تغذية الاقطاب ثابتة في كلتا سرعتين وكذلك مقاومة الدائرة الخارجية
- (أى دائرة الحمل) . وما هي شدة تيار الحمل في الحالة الثانية إذا تساوى الحمل في الحالتين

الحل

القوة الدافعة \mathcal{E} المتولدة في الدينامو

$$\mathcal{E} = \frac{2\pi \times 10^{-8} \times \frac{2}{c} \times 10^{-10}}{60} \text{ فلت}$$

$$\text{إذا } \mathcal{E} = \frac{2\pi \times 10^{-8} \times \frac{2}{c} \times 10^{-10}}{60} \times \frac{\mathcal{E}}{t} = \text{عدد ثابت}$$

والقوة الدافعة المتولدة $\mathcal{E} =$ الضغط على الحمل + مفقود الضغط في

الفرش والاستنتاج

$$= ١٠٠ \text{ فلت} + ٠,٥ \times ٤٠ \text{ أمبير} = ١٠٢ \text{ فلت}$$

$$\text{إذا } \frac{102}{\text{ت}} \times \text{عدد ثابت} = 300$$

$$6 \times \frac{1}{\text{ت}} = 400 \quad \text{عود ثابت . بفرض أن } \text{ص} = \text{القوة الدافعة على}$$

٤٠٠ دورة في الدقيقة ٦ ت التدفق المغناطيسى لكل قطب في هذه الحالة
وبما أن التغذية ثابتة في الحالتين

$$\text{إذا } \text{ت} = \text{ت}$$

$$\text{إذا } \frac{102}{\text{ت}} \times \text{عدد ثابت} = 300$$

$$6 \times \frac{1}{\text{ت}} = 400 \quad \text{عدد ثابت}$$

$$\text{إذا } \frac{1}{102} = \frac{400}{300}$$

$$\text{إذا } \text{ص} = \frac{102 \times 400}{300} = 136 \text{ فلت}$$

$$\text{مقاومة الحمل} = \frac{\text{الضغط على الحمل}}{\text{شدة تيار الحمل}} = \frac{100 \text{ فلت}}{40 \text{ أمبير}} = 2,5$$

$$\text{شدة التيار في الحالة الثانية} = \frac{\text{القوة الدافعة في هذه الحالة}}{\text{المقاومة الكلية}}$$

$$= \frac{136}{2,5 + 3,0} = 33,3 \text{ أمبير}$$

(٣) دينامو توازى يعطى ٢٠ أمبير للدائرة الخارجية على ضغط ١١٠ فلت

فاذا كانت مقاومة لفات عضو التوليد = ١٠٠ ومقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ١,٣ فما هي القوة الدافعة المتولدة وهل هذه القوة الدافعة المستخرجة من المسألة مساوية للقوة الدافعة التي يقرأها فلتمتر موضوع على طرفي الفرش ودائرة الحمل مفتوحة؟
الحل . —

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الفرش (أو على الحمل) + مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج

ومفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج = شدة التيار الكلية أي الخارجة من الفرش \times مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج

وشدة التيار الكلية = تيار الحمل + التيار المار بلفات عضو التوليد

$$\text{شدة التيار المارة بلفات عضو التوليد} = \frac{١١٠ \text{ فلت}}{١٠٠} = ١,١ \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا شدة التيار الكلية} = ١,١ \text{ أمبير} + ٢٠ \text{ أمبير} = ٢١,١ \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج} = ١,٣ \times ٢١,١ \text{ أمبير}$$

$$= ٢,١١ \text{ فلت}$$

$$\text{إذا القوة الدافعة الكهربائية} = ١١٠ \text{ فلت} + ٢,١١ \text{ فلت} = ١١٢,١١ \text{ فلت}$$

إذا القوة الدافعة التي يقرأها فلتمتر موضوع على طرفي الفرش والدائرة مفتوحة تكون أكبر من المقدرة (١١٢,١١) بمقدار تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على التدفق المغناطيسي أثناء وجود الحمل وهو المبين في بند ٨١

تمرينات عن الباب الثالث

(١) النتائج الآتية أخذت أثناء عمل تجربة على دينامو توالى

أمبير الحمل ٠ — ١٠ — ٢٠ — ٣٠ — ٤٠ — ٥٠ — ٦٠ — ٧٠ — ٨٠

فلت الحمل ٣ — ٤٦ — ٧٣ — ٨٣ — ٨٨ — ٩٢ — ٩٥ — ٩٤ — ٩٤

فاذا كانت مقاومة لفات التوالى = ١, ٦ مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج
= ١, ٦ المطلوب رسم المنحنى الخاص الكلى مع إيجاد مقاومة الحمل عند
نقطة التشبع

(٢) النتائج الآتية أخذت أثناء عمل تجربة على دينامو توازى

أمبير الحمل ٠ — ٥ — ١٠ — ١٥ — ٢٠

فلت الحمل ١١٠ — ١٠٧ — ١٠٢ — ٩٢ — ٧٨

فاذا كانت مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢, ٦ ومقاومة لفات
التوليد = ٢٠٠ فالملطوب رسم المنحنى الخاص الكلى للدينامو

(٣) دينامو توازى مقاومة عضو استنتاجه = ٠, ٢١ ومقاومة لفات

التوليد = ٧٠. فاذا كان الضغط الكهربأى على الفرش ١١٠ فلت لما كان

التيار الكلى (أى فى أسلاك الاستنتاج) = ٨١, ٤ أمبير فما هى شدة تيار الحمس

وما هى القوة الدافعة المتولدة

(٤) دينامو مركب يخرج ٢٠٠ أمبير للدائرة الخارجية اذا كان الضغط

على طرفى الفرش = ١٠٥ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش =

٠, ٢٤٤ ومقاومة لفات التوليد التوالى = ٠, ٢٥ وشدة التيار فى لفات التوازى

= ١, ٩٢ أمبير

فالملطوب إيجاد (١) مقاومة الحمل (٢) مقاومة لفات التوازى (٣)

التيار الكهربأى فى أسلاك الاستنتاج (٤) القوة الدافعة المتولدة

أولاً — اذا كان مركباً قصيراً ٦ ثانياً — اذا كان مركباً طويلاً

(٥) مولد توازى يولد ٢٠٠ فلت وشدة تيار الحمل = ٢٠٠ أمبير ومقاومة

لفات أقطابه = ١٠٠

فما مقدار (١) الفلت المفقود فى لفات الاستنتاج بما فيه الفرش (٢)

شدة التيار الكلى (٣) مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش

اذا فرض أن الضغط على الفرش وهو محمل = $\frac{1}{3}$ من الفلت المتولد

(٦) اشرح مع الرسم أنواع الديناموات بالنسبة لتغذية أقطابها مع شرح امتياز كل نوع والدوائر التي يستعمل فيها كل منها

(٧) دينامو يدور في اتجاه مخصوص ويراد عكس حركته (بعكس حركة

الآلة المستمد منها حركته) فما هو التغيير اللازم لضمان توليد الفلت (١) اذا

كان دينامو مغذى من الخارج (٢) دينامو توازى (٣) دينامو توالى

(٨) ما السبب في عدم استعمال دينامو التوازى في اثاره المصاييح القوسية

وما هو النوع المناسب لذلك. علل اجابتك بالرسم

(٩) ما الفرق بين منحنى التغطس لدينامو وبين هذا المنحنى لحلقة من

الحديد. اشرح كيفية ايجاد هذا المنحنى في الحالة الاولى عملياً مع رسم الدائرة لذلك

(١٠) كيف تنظم الفلت المتولد في الدينامو (١) اذا كان من نوع التوالى

(٢) اذا كان من نوع التوازى

(١١) اذا كانت مقاومة لفات استنتاج دينامو خرج ١٥٠٠ كيلووات من

النوع المركب القصير هي ٢٠٠٤,٠ وضغطه على هذا الخرج ٦٠٠ فلت ومقاومة

لفات التوازى ٥٣ ولفات التوالى ٧٦,٠٠٠ وكان الضغط المنصرف في الفرش

٢,٥ فلت

فالمطلوب ايجاد الجودة الكهربية

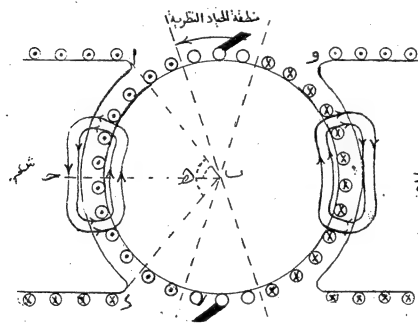
الباب الرابع

الانفعالات الداخلية في الدينامو وتأثيرها في الخارج

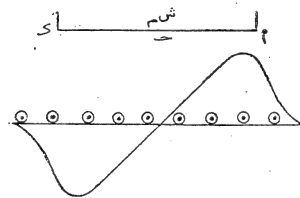
الفصل الأول

رد فعل عضو الاستنتاج

بند ٧٨ — الاشكال الاربع الميمنة عبارة عن دينامو ذى قطبين (تسيلا
للايضاح) مبين فيه عضو استنتاجه وقطاعات الاسلاك الملفوفة حوله وكذلك
قطبا عضو توليده وقطاعات اسلاك التغذية حولها. واتجاه حركة دوران عضو



شكل ١٢٠ (١)



شكل ١٢٠ (٢)

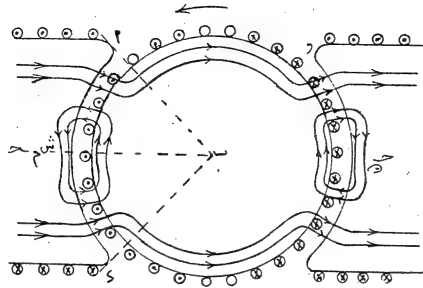
الاستنتاج مبين بالسهم المرسوم .
فالشكل ١٢٠ (١) يبين سير الخطوط
المغناطيسية المواجهه للقطبين نتيجة
توليد تيار كهربائي فيها معروف
اتجاهه (وذلك بتطبيق قانون فلهنج)
واتجاه سير هذه الخطوط مبين بعد
تطبيق قانون قبضة اليد اليمنى أو
قانون البريمة

نلاحظ أن اتجاه سير هذه
الخطوط المغناطيسية في الشجرة الهوائية
بين الزاوية ح ب ا (وهي منتصف

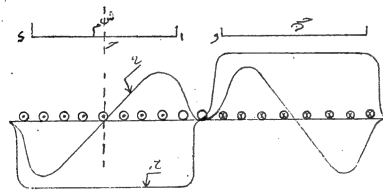
الزاوية ه المقابلة لوجه القطب من مركز الدوران ب) بعكس اتجاه سيرها

بين الزاوية ح د . والشكل ١٢٠ (ب) يبين شكل المنحنى البياني لسير هذه الخطوط

وشكل ١٢١ (١) يبين اتجاه سير الخطوط المغناطيسية الناتجة من التيار



شكل ١٢١ (١)



شكل ١٢١ (٢)

الكهربائي في أسلاك عضو التوليد وعضو الاستنتاج معاً (واتجاه سير التيار في أسلاك عضو التوليد مبين فرضاً في القطاعات بحيث أن القطبين يتمغطسان كما هو موضح)

نلاحظ أن اتجاه سير الخطوط

المغناطيسية لتيار أسلاك عضو

الاستنتاج المحصورة بين الزاوية

ح د في اتجاه الخطوط المغناطيسية

لأقطاب عضو التوليد . بينما في الزاوية

ح د ١ مضادة لها . وبما أن مقدار

المساعدة مساوية لمقدار الاضعاف تقريباً فالنتيجة أن التدفق المغناطيسي بين ح د

(أي على طول وجه القطب) لا يتغير عدد خطوطه بل يتغير سيرها اذ تتزاحم

بين الزاوية ح د — لمساعدة مغناطيسية التيار الكهربائي في أسلاك عضو

الاستنتاج لمغناطيسية عضو التوليد في هذه المنطقة — حتى تشبع هذه المنطقة

من المغناطيسية فيهرب جزء ليس بالقليل من الخطوط — بعد الوصول لدرجة

التشبع — خارج المنطقة ح د . أي في جزء كبير من الفراغ الذي بين طرف

القطب (د) والطرف المقابل له في ناحيه الدوران للقطب الآخر

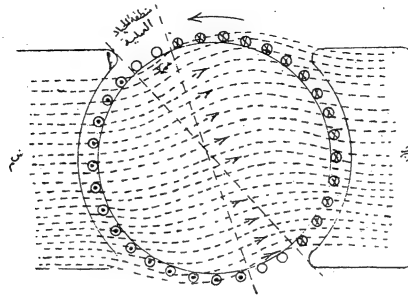
وبالعكس في المنطقة ح د ١ حيث يضعف التدفق المغناطيسي للأقطاب

لمعاكسة مغناطيسية التيار في أسلاك عضو الاستنتاج له . والشكل ١٢١ (ب)

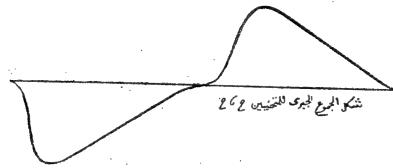
يبين شكل المنحنيين البيانيين لسير الخطوط المغناطيسية لتيار أسلاك الاستنتاج

ح (وهو المنحنى المبين في شكل ١٢٠ ب) والتدفق المغناطيسى للقطب ح وذلك قبل أن يحصل أى تأثير من الاول على الثانى

والشكل ١٢٢ (ا) يبين سير الخطوط المغناطيسية لأقطاب عضو التوليد



شكل ١٢٢ (ا)



شكل ١٢٢ (ب)

بعد تأثير مغناطيسية تيار أسلاك الاستنتاج . والشكل ١٢٢ ب يبين لنا المنحنى لسير التدفق المغناطيسى بعد هذا التأثير

ويسمى التأثير الحاصل من خطوط القوة المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربي فى أسلاك عضو الاستنتاج على سير التدفق المغناطيسى لأقطاب عضو التوليد رد فعل عضو

الاستنتاج

نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج

بند ٧٩ - نلاحظ أن جزءاً كبيراً من المنطقة التى على يمين الطرف (د) أصبح بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج مغموراً بخطوط قوة مغناطيسية من أقطاب عضو التوليد (شكل ١٢٢ ا) . فأسلاك عضو الاستنتاج المحصورة فى هذه المنطقة سيتولد فيها قوة دافعة كهربية لأنها تقطع أثناء سيرها فى هذه المنطقة خطوط القوة الحرارية الناتجة عن رد فعل عضو الاستنتاج

وبما أن الفرش يجب أن توضع على قطاعات عضو التوحيد المتصلة باللفات فى المنطقة المحايدة أى التى لا يتولد فيها أى قوة دافعة . وذلك لأسباب مذكورة فى

الفصل الثانى من هذا الباب

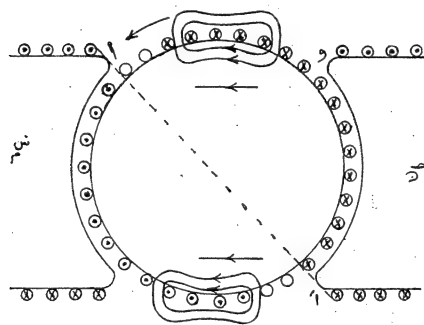
وان هذه المنطقة قد تغير وضعها بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج فتقدمت في ناحية الدوران (كما هو واضح من الاشكال السابقة) قريبة من طرف القطب الشمالى ١٠. شكل ١٢٢ (١)

إذا نقدم الفرشة في ناحية الدوران الى أن توضع في منطقة الحياض الحقيقية وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الحياض العملية . أما منطقة الحياض قبل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج وهى المحصورة في منتصف الفراغ بين القطبين و ١. شكل ١٢١ (١) فتسمى بمنطقة الحياض النظرية

تأثير وضع الفرسة في منطقة الحياض العملية على التردد المغناطيسى

بند ٨٠ — قلنا أن الاسلاك المحصورة في منطقة الحياض النظرية تولدت فيها قوة دافعة كهربائية نتيجة قطعها للخطوط المغناطيسية الهاربة بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج في هذه المنطقة

ولو طبقنا قانون فلينج على سير التيار الكهربائى فيها بعد تقديم الفرش فالتجاه التيار الكهربائى في هذه المنطقة هو كالمبين في شكل ١٢٣ وبتطبيق قانون قبضة



(شكل ١٢٣)

اليمنى أو قانون البريمة لمعرفة اتجاه خطوط القوى المغناطيسية المتولدة حول هذه الاسلاك نتيجة التيار الكهربائى فيها نجد أن سيرها يتعارض مع سير التدفق المغناطيسى للاقطاب (شكل ١٢٣) فهى مضعفة للتدفق المغناطيسى وبالتالي مضعفة للقوة

الدافعة المتولدة . وهذا التأثير متوقف طبعاً على شدة التيار في أسلاك الاستنتاج أى على الحمل المحمل به الدينامو . فكلما زاد الحمل كلما قلت القوة الدافعة المتولدة نتيجة الامبير لفات أو المغناطيسية المتولدة في منطقة الحياض النظرية

تقرير الامبير لفات المضغفة المنرفق المغناطيسى

بند ٨١ - اللفات التى بين الزاوية و ب ا (شكل ١٢١ (١) هى اللفات المضغفة للتدفق المغناطيسى اذ تولد فيها تيار نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج (بند ٧٩) ويمكن تقدير الامبير لفات المضغفة كالاتى
نفرض أن $f_1 =$ عدد هذه اللفات $f_2 =$ عدد اللفات الكلية لعضو الاستنتاج .

$f_1 =$ شدة التيار فى كل سلك
 $f_2 =$ شدة التيار الكلية الخارجة من عضو الاستنتاج
 $f_3 =$ عدد دوائر أو مجموعات لفات عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة (بند ٦٠)

$$\text{شدة التيار } s_1 \text{ فى كل سلك} = \frac{\text{الشدة الكلية}}{\text{عدد الدوائر}} \quad (\text{راجع بند ٦٠})$$

$$\frac{s}{c} =$$

$$\frac{f}{360} = \text{عدد اللفات لكل درجة على محيط عضو الاستنتاج}$$

وبما أن الزاوية المحصورة فيها اللفات المضغفة هى و ب ا شكل ١٢١ (١)

$$\text{إذا عدد اللفات المضغفة} = \frac{f}{360} \times \text{الزاوية و ب ا} = f_1$$

$$\text{إذا الأمبير لفات المضغفة } s_1 \text{ فى } f_1 = \frac{f}{360} \times \text{الزاوية و ب ا} \times \frac{s}{c}$$

أى أن تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على الفلت المتولد يتناسب مع شدة التيار الكلية

مثال ذلك

إذا كانت زاوية تقدم الفرش من منطقة الحياذ النظرية الى منطقة الحياذ العملية لدينامو ٣٣ كيلووات هي ٧° فما هي الامبير لفات المضعفة للمغناطيسية مع العلم أن أقصى حمل = ٦٠ أمبير وعدد الدوائر المتصلة بالتوازي = ٢ وعدد اللفات = ٣٦٢

$$\frac{٦٠}{٢} \times ٧^\circ \times ٢ \times \frac{٣٦٢}{٣٦٠} = \frac{٣}{٤} \times \text{الزاوية وب} \times \frac{٣}{٣٦٠} = \text{س. ف.} = ٤٢٠ \text{ أمبير لفة}$$

ملحوظة — الزاوية وب ا = ضعف زاوية التقدم للفرشة = ٧° × ٢

اضعاف تأثير رد فعل عضو الاستنتاج

بند ٨٢ — من أهم الطرق المستعملة لأضعاف تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على القوة الدافعة المتولدة نتيجة هروب المغناطيسية وتسربها في منطقة الحياذ النظرية طريقتان — الاولى وهي استعمال أقطاب صغيرة تسمى بالأقطاب المساعدة توضع بين الاقطاب الاصلية أى في منطقة الحياذ النظرية وتوصل لفات تغذيتها بالتوالى مع الفرش. فالمغناطيسية المتولدة في هذه الاقطاب تولد قوة دافعة كهربائية في الاسلاك على عضو الاستنتاج القاطعة لها أثناء الحركة. فاذا كانت هذه القوة الدافعة المتولدة مساوية ومضادة لما يتولد فيها نتيجة قطعها للخطوط الهاربة فمحصلة القوتين في هذه الاسلاك تساوى صفراً. وعلى ذلك تصبح هذه الاسلاك خالية من القوة الدافعة المتولدة كما كانت قبل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج. أى أن منطقة الحياذ لم تتقدم عن موضعها الاصلى بين كل قطبين أصليين

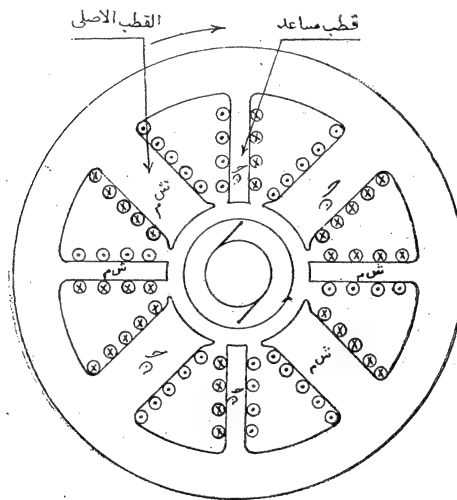
ولأجل الوصول الى هذه النتيجة يجب (١) أن تتساوى أمبير لفات

الاقطاب المساعدة بالامبير لفات المضعفة وهى المحصورة بين الزاوية وب
شكل ١٢١ (١) وهى التى قدرناها فى بند ٨١

وبما أن تأثير رد فعل عضو الاستنتاج يتناسب مع التيار الكهربائى السلكى
الخارج من الفرش (بند ٨١)

إذا يجب أن نصل لفات التغذية للاقطاب المساعدة بالتوالى مع الفرش كما قلنا
(٢) يجب أن يكون نوع القطب المساعد مثل القطب الاصلى الذى يليه
فى ناحية الدوران فالفلت المتولد فى اللفات المقابلة له نتيجة قطعها للتدفق المغناطيسى
النتائج عن هذا القطب المساعد تكون بعكسها فى اللفات المقابلة للقطب الاصلى
السابق له فى ناحية الدوران وهو المطلوب

وشكل ١٢٤ مبين فيه الاقطاب الاصلية والمساعدة واتجاه التيار فيهما



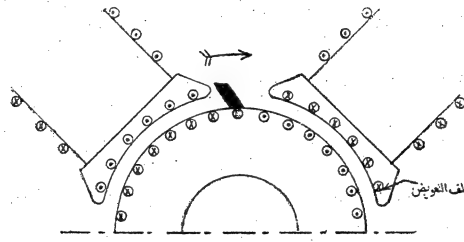
(شكل ١٢٤)

الطريقة الثانية

بدلاً من الاقطاب المساعدة يمكن اضافة لفات فى نفس الاقطاب الاصلية
وهذه اللفات توصل بالتوالى مع الفرش كما هو الحال فى لفات الاقطاب المساعدة
وتقدر الامبير لفات بنفس الطريقة التى تقدر بها الامبير لفات فى الاقطاب

المساعدة . وبما أن مهمتها هي توليد تدفق مغناطيسي يعاكس التدفق المغناطيسي لللفات عضو الاستنتاج فيمحي تأثير هذا الأخير على مغناطيسية الاقطاب الاصلية . اذاً يجب أن توصل بالتوالي مع الفرش بحيث أن اتجاه التيار الكهربي فيها يكون بعكسه في اللفات المقابلة لها على سطح عضو الاستنتاج وتسمى هذه اللفات بلفات التعويض

والشكل ١٢٥ يبين قطاعات أسلاك هذه اللفات . وهي توضع في مجارٍ على طول القطب كما هو مبين

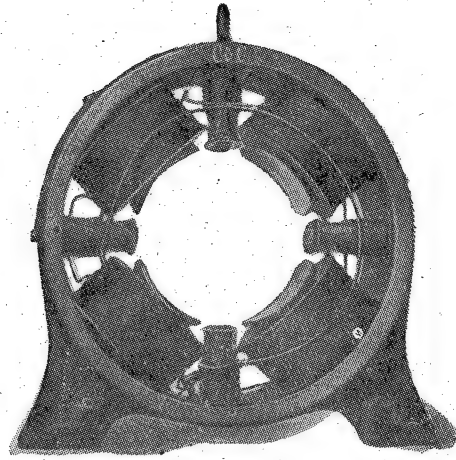


(شكل ١٢٥)

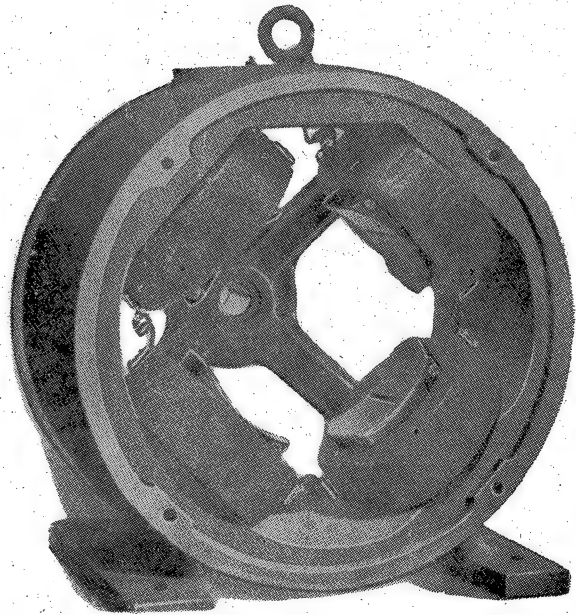
الشعر و وضع الفرش بالفئة لمناطق الحيات

بند ٨٣ — سبق أن برهنا أن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في لفات عضو الاستنتاج متغيرة الاتجاه في نفس اللفات ولكنها موحدة الاتجاه في الخارج وذلك بواسطة عضو التوحيد وتعدد اللفات بنسبة (٤٤ ٦ ٤٥) . وقد قلنا في بند ٧٩ أن الفرشة يجب أن تغطي القطاع المتصل باللفة أثناء وجودها في منطقة الحيات . وبما أن هذه المنطقة ليست قاصرة على لفة واحدة بل بها جملة لفات كما هو واضح من الاشكال السابقة فالفرشة في هذه الحالة تغطي عادة كثيراً من القطاعات المتصلة بهذه اللفات

والشكل ١٢٦ يبين بعض لفات عضو استنتاج حلقى — تسهيلاً للفهم — وقطاعات عضو التوحيد المقابلة لها . ومبين فيها القطاعات د ٦ هـ ٦ ل مغطاة بالفرشة

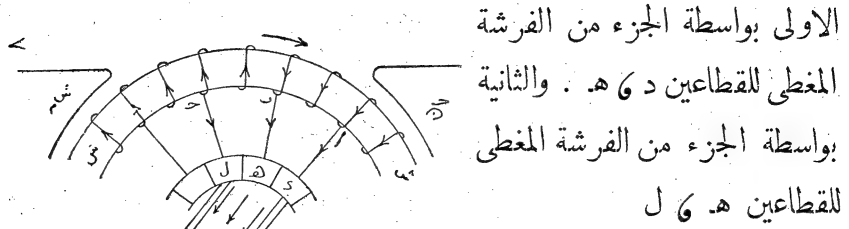


عضو التوليد باقطاب مساعده



عضو التوليد بدون اقطاب مساعده

نلاحظ أن اللقتين ١ ب و ٢ ح أصبحتا مقفولتين على نفسيهما أى بهما قصر



(شكل ١٢٦)

فمن الواضح أن التيار

الكهربائى يمر فى الفرشة عن طريق القطاعات أو أجزاء القطاعات المغطاة بها وان شدة التيار الكهربائى الخارجة من الفرشة لا يؤثر عليها تغيير مساحة أجزاء القطاعات المغطاة بالفرشة أثناء الدوران مادامت مساحة مجموع ما يغطى بالفرشة ثابتاً — اذ يساوى عرض الفرشة — ومادام عرض الفرشة يساوى قطاعات كاملة من عضو التوحيد وليس أجزاء قطاعات

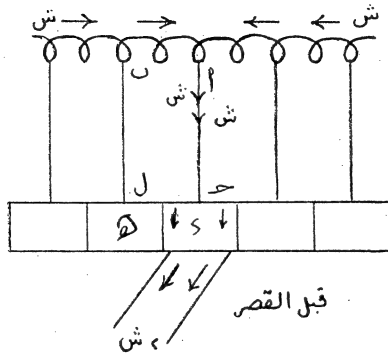
فالتيار الكهربائى الخارج من الفرشة فى الموضع ١٢٦ — على فرض أن اللقتين ١ ب و ٢ ح لا يتولد فيهما قوة دافعة أثناء القصر — يأتى نصفه من يمين اللفة ١ ب والنصف الآخر من يسار اللفة ٢ ح (بند ٦٠ ٦١) وكل منهما — من الوجهة النظرية — يدخل فى الفرشة (على فرض أن هذه الفرشة موجبة) عن طريق القطاعات الثلاثة المغطاة بالكيفية الموضحة فى الموضع ١٢٦ ولأجل أن نفهم تماماً ما يحدث أثناء القصر نقتصر على تغطية الفرشة لقطاع واحد أى أن اتساع الفرشة يساوى اتساع القطاع

ولنفرض من الوجهة النظرية الفروض الآتية قبل أن نبدأ فى درس تغيرات التيار الكهربائى فى دائرة القصر أثناء الدوران ،

- (١) ان اللفات الحاصل فيها القصر لا يتولد فيها ه . د . ج أثناء القصر أى أنها تمر فى منطقة الحياد (العملية طبعاً) طول مدة القصر
- (٢) اهمال مقاومة الاسلاك الموصلة لقطاعات عضو التوحيد بالنسبة لمقاومة

التلامس بين الفرشة والقطاعات المغطاة بها

(٣) اهمال ما يحصل من الاستنتاجات النفسية (أو الذاتية) عند ما يترك الطرف المتأخر للفرشه — بالنسبة لاتجاه حركة عضو التوحيد — طرفي القطاعين الحاصل فيهما القصر . أى عند فتح دائرة القصر

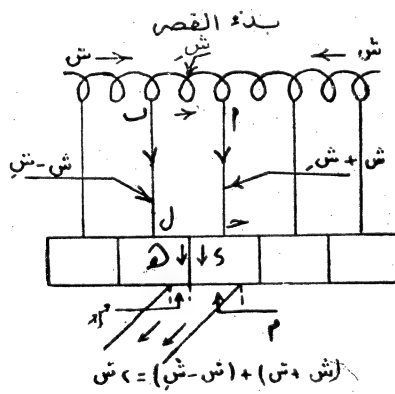


(شكل ١٢٧)

والاشكال الخمسة (١٢٧-١٣١) تبين سير التيار الكهربائي في اللفة ا ب قبل القصر (١٢٧) في بدء القصر (١٢٨) في منتصف القصر (١٢٩) وبعد منتصف القصر (١٣٠) بعد نهاية القصر (١٣١)

والسهم يبين اتجاه حركة الدوران (وهو من اليسار لليمين) شكل ١٢٦

فالتيار الكهربائي S_1 في اللفة ١ في الشكل الأول (أى قبل القصر) = التيار الكهربائي الآتى من جهة اليسار = S_2 أمبير مثلاً . وعلى ذلك فالتيار في السلك ١ = S_2 . وفى بدء القصر في اللفة ١ ب . أى عند ما تبدأ الفرشة في تغطية جزء من القطاع هـ (الشكل الثانى ١٢٨) ستدخل اللفة ١ ب في



(شكل ١٢٨)

منطقة الحياد (حسب الافتراض الاول)

فالتيار الكهربائي S_2 الآتى من يسار اللفة سيتجزأ فجزء منه S_1 يمر في اللفة ١ ويخرج من الفرشة عن طريق الجزء د المغطى بالفرشة . والباقي $S_2 - S_1$ يمر عن طريق ب ل وعلى ذلك فالتيار في السلك ١ = $S_2 + S_1$

وبما أن الجزء المغطى بالفرشة من القطاع هـ في بدء القصر — أى في هذا الشكل — صغير جداً بالنسبة لمساحة الجزء المغطى من القطاع و فالتيار الكهربائى س — فى هذه الحالة يكون بسيطاً جداً

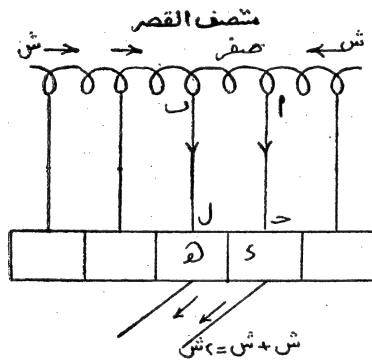
أى أن التيار س الآتى من اليسار يتجزأ فى القطاعين هـ و د بحيث أن نسبة التيار الداخل فى الفرشة عن طريق القطاع هـ الى التيار الداخل فيها عن طريق القطاع د كنسبة مقاومة مساحة الجزء المغطى بالفرشة من القطاع الثانى (د) الى مقاومة مساحة الجزء المغطى من القطاع الاول (هـ) أى نسبة عكسية طبعاً

فلو فرضنا م_١ م مقاومة المساحتين فى الوضع ١٢٨ س — س_١ شدة التيار الداخلة فى الفرشة عن طريق القطاع هـ فشدّة التيار فى القطاع الثانى د = س + س_١ (لأن مجموعهما ثابت ويساوى س_٢)

$$\frac{م}{س + س_1} = \frac{س - س_1}{س_1}$$

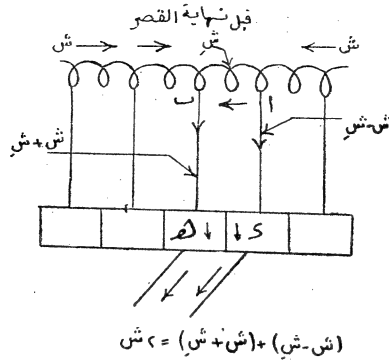
فعند ما تتساوى م_١ م فالشدة الكلية س_٢ تتوزع بالتساوى على القطاعين أى = س فى كل منهما وعلى ذلك فالشدة س_١ فى اللفة ا ب فى هذه الحالة = صفراً

وهذا الوضع مبين فى الشكل الثالث (١٢٩) حيث الفرشة فى منتصف القصر . أى أن المساحتين المغطاتين بالفرشة متساويتان وبالتالي م = م_١ بعد ذلك يبتدىء التيار الكهربائى س_١ فى اللفة ا ب ينعكس لأن م تزيد عن م وهذا مبين فى شكل (١٣٠) وذلك لأن س — س_١ لا يمكن أن تزيد



(شكل ١٢٩)

عن $S+S$ إلا اذا كانت S سلبية أى بعكسها في شكل (١٢٨). وفي نهاية القصر أى عند ما يترك القطاع و

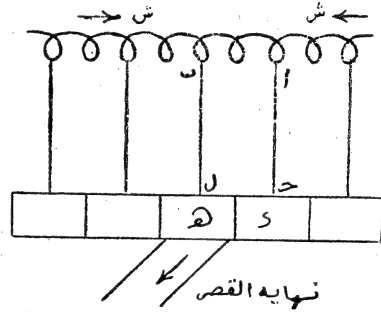


(شكل ١٢٠)

الفرشة (شكل ١٣١) فالمقاومة M تصير كبيرة جداً (أى ما لانهاية لها) فالتيار الكهربائي الخارج عن طريق $M = 0$ صفراً. هذا مع الافتراض الذي افترضناه في نمرة ٣. أى أن هبوط التيار في القطاع المغطى يتناسب مع المقاومة ولكن الحقيقة الحاصلة ليست

كذلك لأنه وان أمكن الاخذ بالافتراضين الاول والثاني لانه في متناول اليد

حيث يمكن تحريك الفرش حتى توضع في منطقة الحياد فالافتراض الثالث المختص بالاستنتاج النفسى لا يمكن اهماله لان عضو الاستنتاج مصنوع من الحديد كما هو معروف فكل هبوط في التيار الكهربائي في اللفة الحاصل فيها القصر يعقبه استنتاج نفسى (أو



(شكل ١٣١)

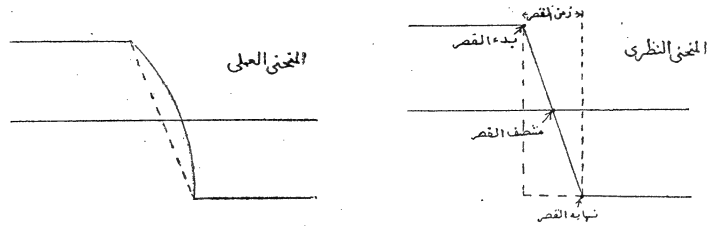
ذاتى) يعيق أو يؤخر هذا الهبوط بحيث أنه عند نهاية القصر لا يهبط التيار في القطاع و الى صفر بل يكون له قيمة كبيرة ناتجة عن تأخر هبوط التيار أثناء القصر للسبب السابق

والخط البياني (شكل ١٣٢) يبين زمن القصر (احداثى أفقى) وما يقابله

من التيار الكهربائي في اللفة ١ أثناء القصر. وهذا المنحنى مرسوم من الوجهة

النظرية فقط أى مع التسليم بصحة الافتراض الثالث

والخط البياني (شكل ١٣٣) يبين المنحنى السابق من الوجهة العملية أى مع عدم التسليم بصحة الافتراض الثالث



(شكل ١٣٣)

(شكل ١٣٢)

تتولى الشرر الحاصل فى القصر من الاسباب السابقة

بند ٨٤ — يجب أن لا يقتصر على وضع الفرش بحيث أن اللغات الحاصل فيها القصر تكون فى خط الحياض العملى بل يجب تقديم الفرش فى ناحية الدوران بحيث أن هذه اللغات تكون قريبة من القطب الذى يليها فى ناحية الدوران فيتولد فيها أثناء القصر u, s, v عكسية أى تعاكس الاستنتاج النفسى وعلى ذلك يتمتع الشرر ويصير المنحنى كما هو مبين بشكل ١٣٣

(٢) كلما كانت مقاومة معدن الفرش كبيرة كلما ساعد ذلك على تخفيف تأثير الاستنتاج النفسى (أو الذاتى) وعلى ذلك يقل الشرر. فلهذا السبب تستعمل الفرش الكربونية خصوصاً فى الديناموات ذات الضغط العالى. لأن مقاومتها أكبر من النحاسية بند (٥٥)

زمن القصر

بند ٨٥ — يمكننا معرفة الزمن الذى يستمر فيه القصر فى اللغات المتصلة بالقطاعات أثناء مرور هذه الاخيرة تحت الفرشة وتغطيتها بها مثل اللقطة ١ ب (شكل ١٢٨). أى الزمن الذى يمر بين بدء القصر ونهايته وهو المبين على السينات الافقى للمنحنى النظرى شكل ١٣٢

فاذا فرضنا أن $\frac{5}{60} =$ عدد دورات عضو التوحيد فى الثانية y ٢ \approx قطر

محيط عضو التوحيد بالبوصة ٦ س = اتساع الفرشة المغطى للقطاعات
٦ س = سمك الميكا العازلة

$$\text{ف زمن القصر بالشواني} = \frac{(س - س_1) \times 60}{٢ ط س} \text{ ثواني وهذا الزمن}$$

بسيط جداً

والبرهان على صحة هذه المعادلة هو كالاتى : —

$$\text{الزمن الذى يمر لدورة واحدة من عضو التوحيد} = \frac{60}{س} \text{ ثواني}$$

والزمن الذى يمر لحركة نقطة على محيط عضو التوحيد مسافة بوصة واحدة

$$= \frac{60}{س \times ٢ ط س}$$

وبما أن زمن القصر هو الزمن الذى يمر لحركة نقطة على محيط عضو التوحيد
لمسافة (س - س₁) بوصة وهو اتساع الفرشة — سمك الميكا

$$\text{إذا هذا الزمن بالشواني} = \frac{60 \times (س - س_1)}{س \times ٢ ط س}$$

وهذا الزمن كما قلنا بسيط جداً حيث يتراوح بين $\frac{1}{1000}$ الى $\frac{1}{100}$ من الثانية
مثال ذلك

إذا كان قطر محيط عضو التوحيد = $٧\frac{1}{2}$ بوصة ٦ عدد الدورات فى
الدقيقة = ٩٠٠ ٦ اتساع الفرشة بعد خصم سمك الميكا = $\frac{3}{4}$ بوصة فما هو
زمن القصر

الحل

$$\text{الزمن بالشواني} = \frac{60 \times ٧٥}{٩٠٠ \times ٧,٥ \times ٣,١٤} = ٠,٠٢١٢ \text{ ثانية}$$

مثال آخر

في أثناء القصر الحاصل بالفرشة يتغير التدفق المغناطيسي في اللفات الحاصل فيها القصر بمقدار ١٨٠٠٠٠ خط فاذا كان زمن القصر ٠,٠٠١ ثانية فما هو الفلت المستنتج في هذه اللفات

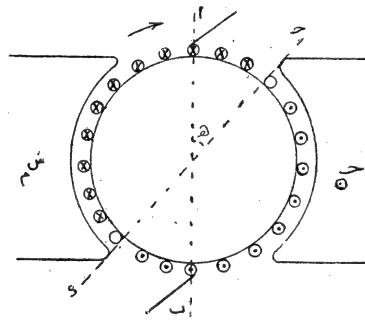
الحل

الفلت المستنتج على حسب قانون فرداي عبارة عن عدد الخطوط المغناطيسية المتغيرة (أو القاطعة للفت) في الثانية الواحدة

$$\text{إذا الفلت المستنتج} = \frac{١٨٠٠٠٠}{٠,٠٠١ \times ١٠} = \text{فلت } ١,٨ \text{ فلت}$$

تأثير وضع الفرش على محصلة القوة الدافعة المتولدة في لفات الاستنتاج

بند ٨٦ — ان وضع الفرش بالنسبة لمناطق الحيات ليس تأثيره قاصر على ما وضعناه في بند ٨٣ بل له تأثير كبير على محصلة القوة الدافعة المتولدة في اللفات



(شكل ١٣٤)

والشكل ١٣٤ عبارة عن دينامو ذي

قطبين وقد وضعنا الفرش على سطح

اللفات تسهيلا للفهم. فلو فرضنا أن

الفرش وضعت في منطقة الحيات النظرية

١ و ٦ واننا لم نتلاف تأثير رد فعل عضو

الاستنتاج فتقدمت منطقة الحيات في

ناحية الدوران من ١ و ٦ الى ح و ٥

فمحصلة القوة الدافعة في اللفات التي على يمين ١ ب تقل بمقدار ما تولد من القوة الدافعة

في اللفات على السطح ح ١ لأن القوة الدافعة المتولدة في اللفات في هذه المنطقة

معاكسة لها في اللفات على السطح ح ب

كذلك محصلة القوة الدافعة في اللفات التي على يسار ١ ب تقل بمقدار ما تولد

من القوة الدافعة في اللفات على السطح و ب لان القوة الدافعة المتولدة في هذه اللفات الأخيرة معا كسة لها في اللفات على السطح ا و

الفصل الثاني

الحرارة المتولدة في أجزاء الديناموات

بند ٨٧ — ان أهم عامل من العوامل التي يجب مراعاتها في تصميم الديناموات الحرارة المتولدة في أجزاء الدينامو أثناء الشغل. فالمهندس مقيد بهذا العامل الذي يؤثر على المادة العازلة للفات سواء في عضو الاستنتاج أو عضو التوليد أو في أى جزء آخر وذلك اذا زاد عن حد محدود

و بما أن الحرارة المتولدة تتوقف على ما يفقد من دخل الدينامو سواء كان ميكانيكياً أو كهربائياً بل أن الحرارة المتولدة تساوى هذه المفاقد اذا حوّلت للوحدات الحرارية

لذلك يجب تحديد هذه المفاقد بحيث أن درجة الحرارة لا ترتفع للحد الذي يؤدى الى الاتلاف

وقد ظهر من الوجهة العملية أن درجة الحرارة المبدئية لعضو الاستنتاج يجب أن لا تزيد عن ٣٥° مئوى وأقصى درجة حرارة يمكن أن يصرح لعضو الاستنتاج للوصل اليها بدون اتلاف للمادة العازلة لا تزيد عن ٧٥°

مفايد الدينامو

بند ٨٨ — مفايد الدينامو محصورة في الأحوال الآتية

المفاهيم الميكانيكية	{	(١) احتكاك الفرش على عضو التوحيد
		(٢) مقاومة الهواء للدوران
		(٣) احتكاك محور الادارة مع الكراسى
المفاهيم الكهربائية	{	مفقود الحديد
		{ مفقود التيارات الاعصارية بند ٤٨
		{ مفقود القصور المغناطيسى بند ٣٤
		{ في أسلاك عضو الاستنتاج
		{ في أسلاك عضو التوليد
		{ في الفرش

جودة الدينامو

بند ٨٩ — الجودة لآى آلة عبارة عن النسبة في المائة بين خرج الآلة أو القدرة

المأخوذة منها وبين دخلها أو القدرة المعطاة لها

والجودة في الدينامو نوعان

(١) الجودة التجارية وتقدر باعتبار الدخل الكلى الميكانيكى المستمد من

الآلة المحركة للدينامو

أى أن الجودة التجارية

$$= \frac{\text{خرج الدينامو (بالاحصنة أو بالكيلووات)}}{\text{الدخل الميكانيكى الكلى (بنفس وحدات الخرج)}} \times 100$$

وبما أن الدخل الكلى للدينامو = الخرج + جميع المفايد المذكورة

في بند ٨٨ = خرج الدينامو + المفايد الميكانيكية والكهربائية

إذا بالتعويض ينتج لنا أن الجودة التجارية

خرج الدينامو

$$= \frac{100 \times \text{خرج الدينامو} + \text{مفاقيد الميكانيكية والكهربائية}}$$

(٢) الجودة الكهربائية وتقدر باعتبار الدخل الكهربائي الكلى المتولد
فى أسلاك عضو استنتاج الدينامو
أى أن الجودة الكهربائية

$$= \frac{100 \times \text{خرج الدينامو (بالاحصنة أو بالكيلووات)}}{\text{الدخل الكهربائي المتولد (بنفس الوحدات)}}$$

وبما أن الدخل الكهربائي المتولد فى الدينامو

$$= \text{القوة الدافعة المتولدة} \times \text{شدة تيار عضو الاستنتاج}$$

$$= \text{خرج الدينامو} + \text{مفاقيد النحاس فقط (بند ١٨)}$$

إذا بالتعويض ينتج لنا أن

$$\text{الجودة الكهربائية} = \frac{\text{خرج الدينامو}}{100 \times \text{خرج الدينامو} + \text{مفاقيد النحاس}}$$

فلو فرضنا أن $\text{م} = \text{القوة الدافعة المتولدة بالفلت} \text{ و } \text{س} = \text{شدة التيار}$
الكلى أى الخارجة من عضو الاستنتاج بالأمبير $\text{و } \text{م} = \text{الضغط بالفلت}$
على طرفى الحمل المحمل به الدينامو $\text{و } \text{س} = \text{شدة تيار الحمل بالأمبير} \text{ و}$
كيلووات = المفقود الميكانيكى $\text{و } \text{و} = \text{كيلووات} = \text{مفاقيد الحديد}$

$$\text{فخرج الدينامو بالكيلووات} = \frac{\text{م} \text{ س}}{1000}$$

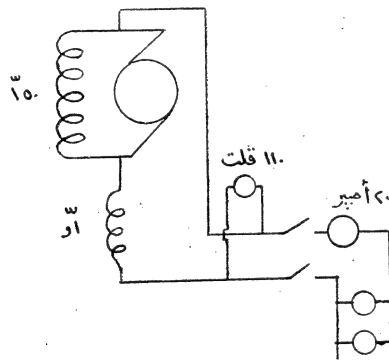
$$\text{والدخل الميكانيكى للدينامو} = \frac{\text{م} \text{ س}}{1000} + (\text{و} + \text{و})$$

$$\text{إذا الجودة التجارية} = \frac{100 \times \text{م} \text{ س}}{\text{م} \text{ س} + (\text{و} + \text{و})}$$

$$الجودة الكهربية = \frac{١٠٠ \times \frac{١,٣٥}{٣٥}}{١٠٠} =$$

$$١٠٠ \times \frac{١,٣٥}{٣٥} = \frac{١٠٠ \times \frac{١,٣٥}{٣٥}}{١٠٠ \times \frac{١,٣٥}{٣٥} + \text{مفقود النحاس في أسلاك عضو الاستنتاج والفرش وأسلاك عضو التوليد}}$$

فلوفرضنا أن شدة تيار الحمل في الدينامو المركب القصير المبين (شكل ١٣٥) = ٢٠ أمبير، الضغط على طرفي الحمل = ١١٠ فلت وأن مقاومة لفات عضو التوليد التوازي = ١٥٠



ولفات التوالى = ١
وأن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ١٠٠ وات ومقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش = ١

فخرج الدينامو

(شكل ١٣٥)

$$= ١١٠ \text{ فلت} \times ٢٠ \text{ أمبير}$$

$$= ٢٢٠٠ \text{ وات} = ٢,٢ \text{ كيلو وات}$$

والضغط المنصرف في أسلاك لفات التوالى = ٢٠ أمبير \times ١ = ٢ فلت

والضغط على طرفي الفرش = الضغط على طرفي الحمل + الضغط المنصرف

$$\text{في لفات التوالى} = ١١٠ \text{ فلت} + ٢ \text{ فلت} = ١١٢ \text{ فلت}$$

$$\text{شدة التيار في لفات التوازي} = \frac{١١٢ \text{ فلت}}{١٥٠} = ٧,٧ \text{ أمبير تقريباً}$$

شدة التيار الكهربية الكلية أى الخارجة من الفرش

$$= \text{شدة تيار الحمل} + \text{شدة التيار في لفات التوازي}$$

$$= ٢٠ \text{ أمبير} + ٧ \text{ أمبير} = ٢٧ \text{ أمبير}$$

$$\text{مفقود القدرة في أسلاك التوالى} = ٢٠ \times ١,٣ = ٢٦ \text{ وات} = ٢٠,٤ \text{ كيلووات}$$

$$\text{مفقود قدره في لفات التوازي} = ٢٧ \text{ أمبير} \times ١٥٠ = ٤٠٥٠ \text{ وات} = ٣,٧٤ \text{ كيلووات}$$

مفقود القدرة في أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش

$$= ٢٠,٧ \times ١,٣ = ٢٦,٩ \text{ وات} = ٢,٤ \text{ كيلووات تقريباً}$$

$$\text{إذاً مفاقد النحاس في الدينامو} = ٢,٤ + ٣,٧٤ + ٢,٤ = ٨,٥٤ \text{ كيلووات}$$

$$\text{القدرة الكهربائية المتولدة في أسلاك عضو الاستنتاج} = \text{القدرة الخارجية} \\ (\text{أى المنصرفة في الحمل}) + \text{مفاقد النحاس} = ٢,٢ \text{ كيلووات} + ٨,٥٤ \text{ كيلووات} \\ = ١٠,٧٤ \text{ كيلووات}$$

القدرة الكلية في الدينامو المستمدة من الآلة المحركة = القدرة

الخارجية + مفاقد النحاس + مفقود الحديد + المفاقد الميكانيكية

$$= ٢,٢ \text{ كيلووات} + ٨,٥٤ \text{ كيلووات} + ١,٣ \text{ كيلووات} = ١٢,٠٤ \text{ كيلووات}$$

$$\text{الجودة التجارية} = \frac{١٠,٧٤}{١٢,٠٤} \times ١٠٠ = ٨٩\% \text{ تقريباً}$$

$$\text{الجودة الكهربائية} = \frac{١٠,٧٤}{١٢,٠٤} \times ١٠٠ = ٩٣\% \text{ تقريباً}$$

والجداول الآتية تبين النتائج التي وصل إليها المصممون من الوجهة العملية

فيما يختص بتحديد المفاقد المقابلة لخرج الدينامو المطلوب وكذلك السرعة المحيطة والسرعة باعتبار عدد الدورات

الجدول الأول

في المائة				خرج الدينامو بالكيلو وات
المفقود الميكانيكي	مفقود الحديد	مفقود النحاس	الجودة التجارية	
٥ ر	٣,٢	٦,٣	٩٠	من ٥ الى ٤٠
٤ ر	٣	٥,٦	٩١	من ١٠ الى ٦٠
٤ ر	٢,٨	٤,٨	٩٢	من ٤٠ الى ١٠٠
٣ ر	٢,٣	٤,٣٥	٩٣	من ٧٥ الى ٣٠٠
٣ ر	١,٨	٣,٩	٩٤	من ٢٠٠ الى ٥٠٠
٢٥ ر	١,٥	٣,٢٥	٩٥	من ٤٠٠ الى ١٠٠٠

الجدول الثاني

السرعة بالقدم في الدقيقة	خرج الدينامو بالكيلو وات	السرعة بالقدم في الدقيقة	خرج الدينامو بالكيلو وات
من ٢٨١٠ الى ٣٤٥٠	٥٠٠	من ٦٤٠ الى ١١٢٥	٥٠
من ٣٤٥٠ الى ٣٩٠٠	١٠٠٠	من ١١٢٥ الى ١٨٠٠	١٠٠
من ٣٧٥٠ الى ٤١٠٠	١٥٠٠	من ١٨٠٠ الى ٢٥٧٠	٢٠٠
من ٣٩٠٠ الى ٤١٨٠	٢٠٠	من ٢٢٥٠ الى ٣٠٠٠	٣٠٠
		من ٢٥٧٠ الى ٣٢٧٠	٤٠٠

الجدول الثالث

عدد الدورات في الدقيقة			خرج الدينامو بالكيلوات
بواسطة تربين بخارى	يدار بطريقة مباشرة من آلة ميكانيكية	يدار الدينامو بواسطة سير	
٣٠٠٠	المكبنة المحركة ذى كرناك واحد	من ١٢٠٠ الى ٧٥٠	٥
٢٤٠٠		من ١٠٠٠ الى ٧٠٠	١٠
		من ٩٠٠ الى ٦٥٠	١٥
٢٠٠٠		من ٨٠٠ الى ٦٠٠	٢٠
	المكبنة ذى كرنكين	من ٧٠٠ الى ٥٠٠	٣٠
١٥٠٠		من ٦٠٠ الى ٤٥٠	٤٠
		من ٥٥٠ الى ٤٢٠	٦٠
١٢٥٠		٤٨٠	١٠٠
		٤٣٠	١٥٠
٧٥٠		من ٤٠٠ الى ٢٠٠	٢٠٠

والقوة الدافعة اللازم توليدها في الدينامو تختلف في تصميم الديناموات
على حسب الغرض المصممة من أجله ولكن الامبير يتراوح بين ٣٠٠ ٦ في
جميع الحالات

فالفلت اللازم للانارة يتراوح بين ٨ فلت ٥٠٠ ٦ فلت

وللطلاء يتراوح بين ٥ فلت ٨ ٦ فلت

وللحام المعادن لا يزيد الفلت عن ٤٠

الكثافة المغناطيسية في الأوساط الرئيسية للدينامو

بند ٩٠ — الكثافة المغناطيسية في أوساط الدينامو محصورة في المقادير الآتية

الوسط	نوع المعدن	الكثافة المغناطيسية
١ قلب عضو الاستنتاج	طبقات من الصلب	٦٠٠٠٠ خط تقريباً
٢ حواجز أسلاك عضو الاستنتاج	» » »	» » ١٣٠٠٠٠
٣ الثغرة الهوائية	من ٤٥٠٠٠ الى ٥٥٠٠٠ خط	
٤ قلب المغناطيس	صلب مسبوك أو حديد مطاوع	» ٧٥٠٠٠ » ١٠٠٠٠٠
٥ حامل القطب	» » »	» ٧٠٠٠٠ » ١٠٠٠٠٠
٦ » »	زهر	» ٣٥٠٠٠ » ٥٠٠٠٠

تقرير أبعاد عضو الاستنتاج

بند ٩١ — برهن الدكتور Esson سنة ١٨٩١ في مجلة جمعية المهندسين

الكهربائية أن خرج الدينامو = $\epsilon \times L \times (2 \text{ تق}) \times \omega$

بفرض أن L = طول عضو الاستنتاج بالبوصة ϵ و ω = قطر عضو

الاستنتاج بالبوصة ϵ و = السرعة بعدد الدورات في الدقيقة ω = عدد

ثابت يسمى بمعامل خرج الدينامو وقيمه متوقعة على الخرج. والجدول الآتي

يبين قيمته على وجه التقرير المقابل للخرج

معامِل الخرج	خرج الدينامو بالكيلوات	معامِل الخرج	خرج الدينامو بالكيلوات
$6^{-10} \times 39,5$	٥٠٠	$6^{-10} \times 16,5$	٢٥
$6^{-10} \times 46$	١٠٠٠	$6^{-10} \times 21$	٥٠
$6^{-10} \times 52,5$	٢٠٠٠	$6^{-10} \times 26$	١٠٠
		$6^{-10} \times 33$	٢٥٠

ويمكننا من الجدول الثاني والثالث معرفة قطر عضو الاستنتاج
فمثلا لو فرضنا أن خرج الدينامو ١٠٠ كيلوات وأخذنا السرعة المقابلة
لذلك من الجدول الثاني ١٨٠٠ قدم في الدقيقة ومن الجدول الثالث ٣٠٠ دورة
في الدقيقة

$$\text{فقطر عضو الاستنتاج } 2 = \frac{1800}{3.14} \times \pi = 2 \text{ قدم تقريبا} = 24 \text{ بوصة}$$

$$\text{ومن جدول معامِل الخرج نرى أن معامِل الخرج المقابل ١٠٠ كيلوات}$$

$$6^{-10} \times 26 =$$

إذاً يمكننا من معادلة الدكتور Esson (وهو أن خرج الدينامو
 $= 2 \times L \times (2 \times 2) \times 5$) معرفة مقدار طول عضو الاستنتاج ل

كثافة التيار الكهربائي

بند ٩٢ — كثافة التيار الكهربائي محدودة بأقصى درجة حرارة مسموح
 بها دون اتلاف للمادة العازلة . وهي محصورة في المقادير الآتية

كشافة التيار الكهر بائي بالأمبير لكل بوصة مر بعة

أسلاك عضو الاستنتاج	توصيلات قطاعات عضو التوحيد	لفات عضو التوليد (أو التنبيه)
من ١٥٠٠ الى ٢٥٠٠	من ٢٤٠٠ الى ٤٠٠٠	من ٦٠٠ الى ٨٠٠

عدد الأقطاب

بند ٩٣ — عدد الأقطاب في الديناموات متوقعة على جملة عوامل ذكرناها في بند ٤٧ ولكن عادة يسترشد المصممون عند انتخاب عدد الأقطاب بالديناموات الأخرى المشابهة لتصميمهم

وقد دلت التجارب على الديناموات الكبيرة على أن أنسب عدد للأقطاب

$$= \frac{\text{خرج الدينامو}}{100} \text{ العدد الزوجي التالي للنتيجة } \left\{ \begin{array}{l} \text{إذا كانت فردية . فإذا فرضنا} \\ 100 \end{array} \right.$$

أن خرج الدينامو ١٥٠٠ كيلوات فانسب عدد ينتخب للأقطاب هو العدد

$$\frac{1500}{100} \text{ أي } 16 \text{ الزوجي التالي للنتيجة } =$$

وبما أن القوس القطبي يجب أن يكون من ٦ ٪ الى ٧٥ ٪ من الخطوة القطبية (بند ٥٩)

إذاً يمكننا معرفة مساحة وجه القطب

وبما أن الكشافة المغناطيسية في أجزاء القطب محدودة بالمقادير المبينة ببند

٩٠ فإذا حددنا الأمبير لفات المناسبة لكل جزء على وجه التقريب

إذاً يمكننا على وجه التقريب معرفة أبعاد عضو التوليد

هذا جزء بسيط من موضوع تصميم الدينامو وضعته ليكون أساساً يرتكز

عليه الطالب في المستقبل لأن تفصيلات هذا الموضوع متشعبة الأطراف بحيث يصعب حصرها في هذا المؤلف

الفصل الثالث

العزم في الديناموات

بند ٩٤ — بما أن الطاقة الميكانيكية في الدينامو تتحول الى طاقة كهربائية فالشغل الكهربائي المبذول يعاكس حركة الدينامو ولذلك فأسلاك عضو الاستنتاج معرضة لقوة شد ضد الحركة كما بينا ذلك في بند (٥٠) مما أدى الى وضع هذه الاسلاك في مجار منعاً لانزلاقها تحت تأثير هذه القوة

وبما أن العزم عبارة عن القوة \times نصف قطر عضو الاستنتاج اذاً العزم المتولد في الدينامو معاكس للحركة ولذلك يقال له العزم الرجعي

تقرير العزم في الديناموات

بند ٩٥ — نفرض أن $S =$ شدة التيار في أسلاك عضو الاستنتاج (أى الشدة السلكية) بالأمبير

$G =$ القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الدينامو بالفلات

$E =$ العزم الرجعي المتولد في الدينامو بالرطل قدم

$N =$ عدد الدورات في الدقيقة

فالقدرة الكهربائية المتولدة $= S \times G$ وات

والقدرة الميكانيكية المتحولة الى قدرة كهربائية $= E \times 2.2$ ط و قدم

رطل في الدقيقة (لأن 2.2 ط و عبارة عن السرعة الزاوية)

وبتحويل كل من القدرة الكهربائية ٦ القدرة الميكانيكية الى أحصنة بخارية

$$\frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠} = \frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠}$$

$$\frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠} = \frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠}$$

$$\frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠} = \frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠}$$

$$\frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠} = \frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠}$$

$$\frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠} = \frac{٣٣٠٠٠ \times ٧٤٦}{٣٣٠٠٠}$$

ت س لأن باقي العوامل ثابتة في الدينامو

أمثلة محلولة على الباب الرابع

(١) اذا كان التدفق المغناطيسي في كل قطب من أقطاب عضو توليد دينامو = ٨ × ٦١٠ خط وعدد أسلاك عضو الاستنتاج = ١٨٠ سلك وشدة التيار الكلية في اسلاك الاستنتاج = ٢٥٠ أمبير ونصف قطر عضو الاستنتاج = ٥,٥ قدم

فالمطلوب إيجاد (١) العزم الرجعي بالرطل قدم (ب) قوة الشد على أسلاك الاستنتاج (ح) قوة الشد على كل سلك

مع العلم بأن اللفات انطباقية وعدد الاقطاب أربعة وأن القوس القطبي = ٣ الخطوات القطبية

الحل

$$(١) \text{ ع} = \frac{\text{ت} \times \text{ف} \times \text{س}}{١٠ \times ٨,٥٢} \times \frac{\text{ز}}{\text{ح}} \times \text{رطل قدم وبما أن اللغات}$$

$$\text{انطباقيه. إذا } \frac{\text{ز}}{\text{ح}} = ١$$

$$\text{إذا ع} = \frac{٨ \times ١٠ \times ١٨٠ \times \text{سلك } ٢٥٠ \text{ امبير}}{١٠ \times ٨,٥٢} = ٢٨٣,٥ \text{ رطل قدم}$$

$$(ب) \text{ قوة الشد على جميع الأسلاك} = \frac{\text{ع}}{\text{س}} = \frac{٢٨٣,٥}{٥} = ٥٦,٧ \text{ رطل}$$

(ح) بما أن الفراغ بين كل قطبين خالٍ من الخطوط المغناطيسية فالأسلاك المواجهة له ليست معرضة لقوة شد وبما أن الدينامو ذو أربعة أقطاب

$$\text{إذا الزاوية المحيطية المقابلة للخطوة القطبية} = \frac{٣٦٠}{٤} = ٩٠ \text{ درجة}$$

$$\text{إذا عدد الأسلاك المواجهة للخطوة القطبية} = \frac{٩٠}{٣٦٠} \times ١٨٠ \text{ سلك}$$

وبما أن القوس القطبي = $\frac{٢}{٣}$ الخطوة القطبية

$$\text{إذا عدد الأسلاك المواجهة للقوس القطبي والمعرضة لقوة الشد} = \frac{٢}{٣} \times ٤٥ = \frac{٢}{٣} \times ١٨٠ \times \frac{٩٠}{٣٦٠} =$$

$$\text{وعلى طول محيط عضو الاستنتاج} = ٤ \times \frac{٢}{٣} \times ٤٥ = ١٢٠ \text{ سلك}$$

$$\text{إذا قوة الشد على كل سلك} = \frac{٥٦,٧}{٣} \text{ رطل} = ١٨,٩ \text{ رطل}$$

ملحوظة — على العموم الأسلاك المعرضة لقوة الشد على عضو استنتاج

$$\text{أى دينامو (بأى عدد من الأقطاب)} = \frac{\text{الأسلاك الكلية}}{\frac{\text{القوس القطبي}}{\text{الخطوة القطبية}}}$$

$$\text{وفي هذا النوع} = ١٨٠ \text{ سلك} \times \frac{٢}{٣} = ١٢٠ \text{ سلك}$$

(٢) عند عمل تجربة على دينامو توالى لايجاد جودته استخرجت المقادير الآتية
مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ١٤٠٠ وات = ١,٤ كيلو وات
مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش = ٠,١٢٥ ر

شدة تيار الحمل المراد معرفة جودة الدينامو عليه = ٢٠٠ امبير
مقاومة لفات التوالى = ٠,٠٠٤ ر

الضغط على الفرش = ١١٠,٨ فلت

والمطلوب ايجاد جودة الدينامو (١) الكهربية (٢) التجارية

الحل

الضغط على الحمل = الضغط على الفرش — الضغط المفقود فى لفات

التوالى = ١١٠,٨ — ٠,٠٠٤ ر × ٢٠٠ امبير = ١١٠ فلت

إذا خرج الدينامو = ١١٠ فلت × ٢٠٠ = ٢٢٠٠٠ وات = ٢٢ كيلو وات

الدخل الكهربائى أى المتولد فى أسلاك الاستنتاج = الخرج + مفايد النحاس

ومفقود النحاس فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢٠٠ × ٠,١٢٥ ر

= ٥٠٠٠ وات = ٥ كيلو وات

مفقود النحاس فى لفات التوالى = ٢٠٠ × ٠,٠٠٤ ر = ١٦٠ وات

= ١٦ كيلو وات

إذا الدخل الكهربائى = ٢٢ + ٥ + ١٦ ر = ٢٢,٦٦ كيلو وات

إذا الجودة الكهربية = $\frac{\text{الخرج}}{\text{الدخل الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج}} \times ١٠٠$

$$= \frac{٢٢}{٢٢,٦٦} \times ١٠٠ = ٩٧ \%$$

الجودة التجارية = $\frac{\text{الخرج}}{\text{الخرج + جميع المفايد}} \times ١٠٠$

$$\frac{100 \times 22}{22 + 5 + 16 + 14} = \frac{2200}{57} = 38.6\%$$

(٣) دينامو مركب قصير خرجة ١٥٠٠ كيلووات على ضغط ٦٠٠ فلت
 فإذا كانت مقاومة لفات استنتاجه ٠.٠٤٢ ر^٣ ومقاومة لفات التوازي ٥٣ ومقاومة
 لفات التوازي ٠.٠٠٧٦ ر^٣ والضغط المنصرف في الفرش ٢,٥ فلت فما هي الجودة
 الكهربية
 الحل

$$\text{شدة تيار الحمل} = \frac{\text{الخروج بالوات}}{\text{الضغط على الحمل}} = \frac{1500000}{600} = 2500 \text{ أمبير}$$

$$\text{مفقود القدرة في لفات التوازي} = 2500 \times 0.0076 = 19.0 \text{ وات} \\
= 4750 \text{ كيلووات} \approx 4.8 \text{ تقريباً} \\
\text{الضغط المنصرف في لفات التوازي} = 2500 \times 0.0076 = 19.0 \text{ فلت}$$

$$\text{الضغط على طرفي الفرش} = \text{الضغط على الحمل} + \text{مفقود الضغط في لفات} \\
\text{التوازي} = 600 \text{ فلت} + 19.0 \text{ فلت} = 619.0 \text{ فلت} \approx 602 \text{ تقريباً} \\
\text{مفقود القدرة في لفات التوازي} = \frac{602^2}{53} = 6837.8 \text{ وات}$$

$$= 6.8 \text{ كيلووات تقريباً}$$

$$\text{شدة التيار في لفات التوازي} = \frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{مقاومة لفات التوازي}} = \frac{602}{53} \text{ فلت}$$

$$= 11.3 \text{ أمبير}$$

$$\text{شدة التيار الكلية (في لفات الاستنتاج)} = \text{تيار الحمل} + \text{تيار لفات التوازي} \\
= 2500 \text{ أمبير} + 11.3 = 2511.3 \text{ أمبير}$$

$$\begin{aligned} \text{مفقود القدرة في لفات عضو الاستنتاج} &= 2511,3 \times 0,042 = 105,4866 \\ &= 26488 \text{ وات تقريباً} = 26,488 \text{ كيلووات} = 26,5 \text{ تقريباً} \\ \text{مفقود القدرة في الفرش} &= 2,5 \text{ فلت} \times 2511,3 \text{ أمبير} = 6,278 \text{ كيلووات} \\ \text{إذا مفاقيد النحاس} &= 26,5 + 4,8 + 6,8 + 6,3 \\ &= 44,4 \text{ كيلووات} \end{aligned}$$

$$\text{إذا الجودة الكهربائية} = \frac{1000}{44,4 + 1000} \times 100 = 97\% \text{ تقريباً}$$

تمرينات على الباب الرابع

- (١) ما معنى رد فعل عضو الاستنتاج في الدينامو . عين بالرسم : —
أولاً — اتجاه خطوط التدفق المغناطيسي لعضو التوليد عند تحميل الدينامو
ثانياً — منطقة الحياذ النظرية ومنطقة الحياذ العملية
- (٢) عند تحميل دينامو لوحظ وجود شرر بين الفرش وعضو التوحيد
ووجدنا في نفس الوقت أن قطاعات عضو التوحيد والمادة العازلة بين القطاعات
مثبتة تماماً وجيدة الصنع ونظيفة جداً وكذلك الفرش ملاصقة تماماً للقطاعات
ولفات عضو الاستنتاج ملفوفة لفاً محكماً والمادة العازلة على الاسلاك مثبتة .
فما السبب في وجود الشرر وكيف يمكنك تلافيه . وضح اجابتك بالرسم
- (٣) إذا كانت زاوية التقدم لفرش دينامو يعطى ٢٥٠ كيلووات ٦ ذات
٦ أقطاب هي ٥٠ فما هي الامبير لفات اللازمة في الأقطاب المساعدة إذا كان
أقصى حمل للدينامو ٤٥٥ أمبير وعدد أسلاك الاستنتاج ١٢٠٠ سلكاً واللفات
انطباقية

- (٤) في المسألة الاولى من المسائل المحلولة في نهاية الباب الثالث أوجد الجودة
الكهربائية للدينامو المركب (بنوعية) وكذلك الجودة التجارية إذا كان مفقود
الحديد والمفقود الميكانيكي ٦٠٠ وات في كل من النوعين (القصير والطويل)

- (٥) اشرح بالتفصيل كيف يمكنك تلافي تأثير رد فعل عضو الاستنتاج بحيث لا داعٍ لنقل الفرش عن موضعها النظري (أى منطقة الحياد النظرية)
- (٦) اذا كانت سرعة عضو استنتاج دينامو ٨٠٠ دورة فى الدقيقة وكان عضو التوحيد يحتوى على ١٢٣ قطاعاً نحاسياً وكان سمك الفرشة بحيث أنها تغطى قطاعين نحاسيين فما هو وقت القصر
- (٧) دينامو مصمم ليعطى ٧٥ كيلووات على سرعة ٣٩٥ دورة فى الدقيقة فاذا كان قطر عضو استنتاجه ٢٩ بوصة وطول قلب عضو الاستنتاج ١٢,٥ بوصة فما هو معامل الخرج (بند ٩١)

الباب الخامس

المحركات الكهربية

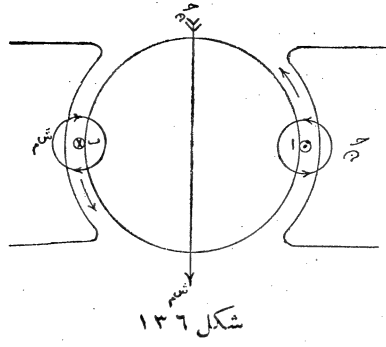
الفصل الأول

نظرية المحركات

بند ٩٦ — ليست نظرية المحركات بالشىء الجديد على من تتبع بند ١٣٦١٢ من الكلمة الأولى فقد برهننا أن كل موصل موضوع فى ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله على الخطوط وكانت كثافة الساحة ك لكل سنتيمتر مربع وشدة التيار المارة فى الموصل من ينبوع كهربائى س أمبير، ل كانت طول الموصل القاطع للخطوط بالسنتيمتر. فالقوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار فى الموصل ومغناطيسية الساحة = $K \times L \times \frac{S}{10}$ دابن

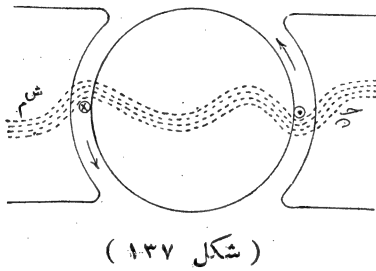
وبما أن الموصل قابل للحركة فلا بد وأن يتحرك تحت تأثير هذه القوة المتبادلة إذا لو وصلنا تياراً كهربائياً لأسلاك عضو استنتاج دينامو عن طريق الفرش وغذينا عضو التوليد بتيار كهربائى فلا بد وأن تتولد قوة متبادلة بين مغناطيسية عضو التوليد ومغناطيسية التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج يتسبب عنها حركة دوران عضو الاستنتاج. أى أن الدينامو يدور كمحرك بتأثير الدحل الكهربائى. ويوجد جملة طرق لمعرفة اتجاه الحركة

(١) نفرض أن ١، ب قطاعا لفة على سطح عضو الاستنتاج مستويها فى اتجاه خطوط عضو التوليد وكان التيار الكهربائى من ينبوع الخارجى داخل فى القطاع ب. وخارجاً من القطاع ١. وسير خطوط عضو التوليد من اليسار لليمنى كما هو مبين بشكل (١٣٦) فلو طبقنا قانون قبضة اليد اليمنى لمعرفة اتجاه الخطوط المغناطيسية الناتجة عن التيار فى السلك ب نجد أن مغناطيسية التيار الكهربائى

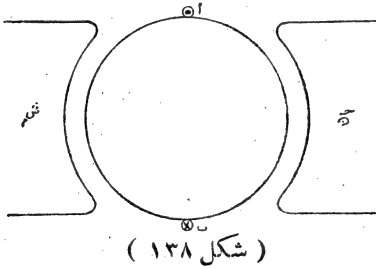


في ب في أعلى القطاع تساعد خطوط
عضو التوليد ولكن في أسفل القطاع
تعارضها . فالنتيجة أن خطوط عضو
التوليد تنحرف عن سيرها فتزاحم في أعلى
القطاع وتقل في أسفله وبالعكس في
القطاع ١ حيث تتزاحم في أسفل القطاع

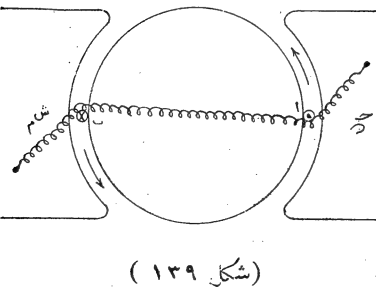
وتقل في أعلاه (راجع الفصل الاول من الباب الرابع) وهذا التغير في اتجاه
خطوط القوة المغناطيسية لعضو التوليد بتأثير خطوط القوة لمغناطيسية التيار في
اللفة ينتج عنه ضغط ميكانيكي على المصدر المسبب لهذا التغير أى على اللفة ١ ب



فتتحرك هذه الأخيرة بتأثير هذا الضغط
الى الوضع الذي نزل فيه تأثير المغناطيسية
المتولدة من التيار الكهربائي فيها على
اتجاه سير مغناطيسية عضو التوليد وهو
الوضع الذي يكون مستوى اللفة متعامداً



على اتجاه الخطوط كما هو مبين بشكل ١٣٨
ويمكننا أن نمثل التغير الحاصل
في اتجاه خطوط عضو التوليد بسلك
زمنياً على مثلث طرفاه بالقطب الشمالي
والقطب الجنوبي المجاور له من أقطاب
عضو التوليد . فإذا غيرنا اتجاه سيره



الطبيعي من القطبين كما هو الحال في
الخطوط المغناطيسية لعضو التوليد كما
في شكل ١٣٩ تحركت اللفة ١ ب
بحركة دائرية في الاتجاه المبين

يستنتج من ذلك أن حركة اللفة الدائرية تكون دائماً في اتجاه المنطقة الضعيفة أى بعكس المنطقة القوية المتزاحمة فيها الخطوط للأسباب السابقة

(٢) يمكن معرفة اتجاه حركة اللفة اذا عيننا القطب الشمالى والجنوبى الناتج عن التيار الكهربائى فى اللفة وذلك بتطبيق احدى القوانين المعروفة مثل قانون البريمة . ففي اللفة ١ ب حيث التيار داخل فى ب فرضاً وخارج من ا نلاحظ أن القطب الشمالى لخطوط الساحة المغناطيسية المتولدة من التيار فيها يكون فى أسفل مستوى اللفة كما فى شكل ١٣٦ فاتجاه الحركة هو كالمبين اذا لاحظنا تنافر القطب الشمالى لمغناطيسية التيار مع القطب الشمالى لمغناطيسية عضو التوليد

(٣) يمكننا تطبيق قانون فلنج كما هو الحال فى الدينامو ولكن بدلا من استعمال اليد اليمنى تستعمل اليد اليسرى . والسبب فى ذلك هو أن التيار الكهربائى الداخلى فى المحرك هو عكس القوة الدافعة المتولدة فيه نتيجة قطع الاسلاك لمغناطيسية عضو التوليد أثناء الدوران . وهذه القوة الدافعة هى المسببة لخروج التيار الكهربائى من المحرك اذا استعمل كدينامو فى نفس الاتجاه وبنفس اتجاه التدفق المغناطيسى لعضو التوليد (وسأتى الكلام على ذلك بالتفصيل) والنتيجة من ذلك أن التيار الداخلى فى المحرك هو عكس التيار الخارج منه وهو ديناهو فى نفس الاتجاه كما قلنا . لهذا السبب تستعمل اليد اليسرى بدلا من اليد اليمنى

(٤) يمكننا استعمال قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى بالطريقة التى استعملناها فى معرفة اتجاه حركة السلك الموضوع أمام قطب ويحمل تياراً كهربائياً وهى الموضحة فى بند ١٢ شكل ١٢ ٦ ١٤ (الكلمة الأولى)

ملاحظة . أن الحركة الدائرية للفة ١ ب الناتجة عن القوة المتبادلة تستمر الى أن يأخذ مستوى اللفة وضعاً رأسياً بالنسبة لاتجاه خطوط مغناطيسية عضو التوليد كما فى شكل ١٣٨ حيث اتجاه الخطوط المغناطيسية المتولدة فى قاب اللفة والناتجة عن التيار الكهربائى فيها مواز لاتجاه خطوط مغناطيسية عضو التوليد

فعزم الدوران في هذا الوضع يساوى صفراً. وهذا بديهى اذا عرفنا أن القلب الملقوفة عليه اللفة وهو المستوى المتعامد على اتجاه خطوط عضو التوليد (في شكل ١٣٨) أصبح مغناطيسياً بتأثير التيار الكهربي في اللفة. فأحد وجهي هذا المستوى يكون القطب الشمالى والآخر القطب الجنوبى فالقوة المتبادلة تسبب حركة خطية وفي اتجاه واحد لكل من السلكين ١ و ٢. وبما أن اللفة مثبتة على سطح عضو الاستنتاج (كما هو معروف من الابواب السابقة) فالحركة تنقطع في هذا الوضع

الفصل الثانى

العزم في المحركات

بند ٩٧ — العزم المتولد في المحركات وهو الناشئ عن القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيارات في أسلاك الاستنتاج ومغناطيسية عضو التوليد هو المسبب للحركة لأن تيار أسلاك الاستنتاج مستمد من ينوع كهربي خازجى وليس متولداً في الأسلاك نتيجة حركة عضو الاستنتاج بآلة ميكانيكية كما هو الحال في الدينامو. ولذلك يسمى العزم في المحركات بعزم دوران وتقديره هو تماماً كتقدير

$$\text{العزم الرجعى في الديناموات أى} = \frac{\text{ت} \times \text{ش} \times \text{ف}}{\text{ز}} \times \frac{10^8}{8,54} =$$

بفرض أن ت = الفيض (أو التدفق) المغناطيسى المتشعع من كل قطب

٦ س = شدة التيار الكلية في عضو الاستنتاج بالامبير

٦ ف = الأسلاك الكلية على عضو الاستنتاج بفرض أن

= عدد اللفات

٦ ز = عدد الأقطاب

٦ ح = عدد الدوائر المتصلة بالتوازي بالنسبة للقوة الدافعة

المتولدة في أسلاك الاستنتاج

والطريقة الآتية هي طريقة أخرى لتقدير العزم سواء في المحركات أو في الديناموات

نفرض أن $ل$ = الكثافة المغناطيسية في الشفرة الهوائية = عدد الخطوط المغناطيسية المتشعبة من أقطاب عضو التوليد على كل سنتيمتر مربع من مساحة سطح عضو الاستنتاج

$ل$ = الطول القاطع للخطوط المغناطيسية لأسلاك عضو الاستنتاج بالسنتيمتر

٢٦ نق = قطر عضو الاستنتاج

٢٦ ف = عدد أسلاك عضو الاستنتاج

٦٤ = $\frac{\text{القوس القطبي}}{\text{الخطوة القطبية}}$

٦٤ ع = عزم الدوران على جميع أسلاك عضو الاستنتاج

٦٤ س = شدة التيار بالأمبير في كل سلك من أسلاك الاستنتاج

٦٤ س = شدة التيار الكلية (في الفرش) بالأمبير

فالقوة على السلك وهي المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة حوله ومغناطيسية عضو التوليد

$$= \frac{ل \times س \times ٦٤}{١٠} \text{ دايين (بند ١٣)}$$

وبما أن الفراغ بين كل قطبين معدوم من الخطوط المغناطيسية

∴ الاسلاك المحصورة في هذا الفراغ غير معرضة لأي قوة

∴ الاسلاك الكلية على عضو الاستنتاج المعرضة للقوة المتبادلة السابقة

$$= ٢ \times ٦٤$$

$$\therefore \text{القوة المتبادلة على جميع الاسلاك} = \frac{\text{ل ه } \times \text{س } \times \text{ل } \times \text{ف } \times \text{ي}}{10} \text{ داي}$$

$$\text{والعزم الكلى على جميع الاسلاك ع} = \frac{\text{ل ه } \times \text{س } \times \text{ل } \times \text{ف } \times \text{ي} \times \text{تق}}{10}$$

داين سنتيمتر (١)

ولكن التدفق المغناطيسى المتشعب من كل قطب = الكثافة المغناطيسية
ل ه \times مساحة سطح عضو الاستنتاج المواجه للقطب الواحد

$$\text{أى أن ت} = \text{ل ه } \times \frac{\text{ل } \times \text{ف } \times \text{تق}}{2 \text{ ز}}$$

$$\therefore \text{ل ه } \times \text{ل } \times \text{ي} = \frac{\text{ت} \times 2 \text{ ز}}{2 \text{ ط تق}}$$

$$\frac{\text{س}}{\text{ح}} = \text{س } 1 \text{ (بفرض أن ح عدد الدوائر)}$$

إذا بالتعويض فى المعادلة (١) ينتج أن

$$\text{ع} = \frac{\text{ت} \times 2 \text{ ز} \times \text{س } \times \text{ف } \times \text{تق}}{10 \times 2 \text{ ط تق} \times \text{ح}} \text{ داي سنتم}$$

$$= \frac{\text{ت} \times \text{س } \times \text{ف } \times \frac{2 \text{ ز}}{\text{ح}}}{981 \times 2 \times 10} \text{ جرام سنتم}$$

$$\text{وبالكيلو جرام متر} = \frac{\text{ت} \times \text{س } \times \text{ف } \times \frac{2 \text{ ز}}{\text{ح}}}{981 \times 2 \times 10}$$

$$\text{وبالبرطل قدم} = \frac{\text{ت} \times \text{س } \times \text{ف } \times \frac{2 \text{ ز}}{\text{ح}}}{1802 \times 10}$$

$$= ت \times س \times عدد ثابت$$

من هذه النتيجة نستنتج أن العزم المحرك يتناسب مع التدفق المغناطيسي
ت \times شدة تيار الاستنتاج س

قلنا أن هذا العزم في المحركات هو المسبب لحركة دوران المحرك . فعندما
يدور المحرك بتأثير هذا العزم المتولد فيه تزيد سرعته تدريجياً الى أن يتساوى
عزم الدوران بالعزم المعاكس للحركة وهو الناشئ عن الحمل المحمل به المحرك
(أو القدرة الفعلية) وعن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي

الفصل الثالث

القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المحرك

بند ٩٨ — بما أن أسلاك عضو الاستنتاج للمحرك تقطع الخطوط
المغناطيسية لعضو التوليد أثناء الحركة فلا بد وأن تتولد قوة دافعة كهربائية كما
هو الحال في الدينامو . وبما أن هذه القوة الدافعة الكهربائية معاكسة للحركة
(بند ٥٠) فهي معاكسة للضغط الكهربائي المغذي للمحرك والمسبب لعزم
الدوران . وتقديرها هو تماماً كتقدير القوة الدافعة المتولدة في المحرك إذا استعمل
كدينامو بنفس السرعة وبنفس عدد الخطوط المغناطيسية في عضو التوليد
ويرمز لها بحرف \mathcal{E}

$$\text{أى أن } \mathcal{E} = \frac{ت \times ز \times ١ \times س \times ٢ \times ف}{٦٠ \times ١٠^8 \times ح} \quad (\text{بند ٥١})$$

أى أن \mathcal{E} تتناسب مع السرعة \times التدفق المغناطيسي (كما هو الحال في
الدينامو)

وتسمى هذه القوة المتولدة في المحركات بالقوة الدافعة الرجعية

شدة التيار الكهربائي في عضو استنتاج المحرك

بند ٩٩ — نفرض أن م = مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج بالأوم
 ص = الضغط على طرفي الفرش (وهو المستمد من ينبوع كهربائي خارجي)

ص = القوة الدافعة الرجعية (المتولدة أثناء الحركة)

س = شدة التيار في عضو الاستنتاج

بما أن ص معاكسة ص (بند ٩٨)

$$\therefore \text{س} = \frac{\text{ص} - \text{ص}}{\text{م}} = \frac{\text{الضغط على الفرش} - \text{القوة الدافعة الرجعية}}{\text{مقاومة الفرش والاستنتاج}}$$

يلاحظ أنه لا يمكن أن تزيد القوة الدافعة الرجعية عن الضغط المغذي للمحرك . اذ لو فرض ذلك لولد المحرك تياراً كهربائياً يتولد عنه عزم رجعي (كما هو معروف في الديناموات بند ٩٤) يعاكس الحركة فتقل سرعته الى أن تقل ص عن ص بمقدار ما يفقد في مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش

القدرة الكهربائية في المحركات المتحولة الى قدرة ميكانيكية

$$\text{بند ١٠٠} - \text{قلنا أن س} = \frac{\text{ص} - \text{ص}}{\text{م}}$$

$\therefore \text{س م} = \text{ص} - \text{ص}$. أي أن مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج = الضغط على طرفي الفرش — القوة الدافعة الرجعية

وبضرب الطرفين في س ينتج لنا أن $\text{س}^2 \text{م} = \text{س ص} - \text{س ص}$

$$\therefore \text{س ص} - \text{س}^2 \text{م} = \text{س ص}$$

ولكن س ص = القدرة الكلية الداخلة في دائرة عضو الاستنتاج

٦ س م = القدرة المنصرفة من القدرة الكلية السابقة في مقاومة لفات عضو الاستنتاج بما فيها الفرش . أى المتحولة الى صورة حرارية
٦ س م = القدرة الناشئة من شدة التيار في لفات الاستنتاج والقوة الدافعة الرجعية

وبما أن س م هي القدرة الباقية من القدرة الكلية بعد خصم ما فقد في الفرش ولفات الاستنتاج وتحول الى صورة حرارية كما قلنا
٦ س م عبارة عن القدرة المتحولة الى قدرة ميكانيكية في المحرك أى الحركة له ضد مفقود الحديد (وهو الناشئ عن القصور المغناطيسى والتيارات الاعصارية) والمفقود الميكانيكى والحمل المحمل به المحرك
مثال ذلك

محرك يدور بسرعة ٦٠٠ دورة في الدقيقة . فاذا كانت شدة التيار الكهربائى في لفات عضو الاستنتاج = ٢٠٠ أمبير وكانت مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج ٠,٢^٣ والضغط على طرفى الفرش = ٢٢٠ فلت . فما هى القدرة الفرملية اذا كان مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ٣٢٠ وات . واذا كان التدفق المغناطيسى = ٣,٦ ميغا خط لكل قطب واللفات انطباقية فما هى عدد اللفات وما هو عزم الدوران

الحل :-

مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج = ٠,٢^٣ × ٢٠٠ أمبير = ٤ فلت
القوة الدافعة الرجعية = الضغط على الفرش — مفقود الضغط في الفرش
وأسلاك الاستنتاج = ٢٢٠ فلت — ٤ فلت = ٢١٦ فلت
القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية = ٢١٦ فلت × ٢٠٠ أمبير (بند ١٠٠) = ٤٣٢٠٠ وات

وبما أن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ٣٢٠ وات
اذا القدرة الفرملية = ٤٣٢٠٠ — ٣٢٠ = ٤٢٨٨٠ وات = ٤٣ كيلووات تقريباً

$$\text{الضغط الرجعي ص} = \frac{\text{ت} \times \text{س} \times \text{ف}}{٦٠ \times ١٠} \times \frac{\text{ز}^٢}{\text{ح}} \text{ وبما أن اللفات انطباقية}$$

$$\text{فعدد الدوائر ح} = \text{عدد الاقطاب ز} \times \text{أي أن ص} = \frac{\text{ت} \times \text{س} \times \text{ف}}{٦٠ \times ١٠}$$

$$\text{إذا ٢١٦ فلت} = \frac{٣,٦ \times ٦٠ \times ٦٠ \times \text{ف}}{٦٠ \times ١٠} = ٧٢ \times \text{ف} \text{ إذا ف} = ٣٠٠ \text{ لفة}$$

$$\text{عزم الدوران} = \frac{\text{ت} \times \text{س} \times \text{ف}}{٨,٥٢ \times ١٠} = \frac{٣,٦ \times ٦٠ \times ٦٠ \times ٢٠٠ \times \text{أمبير} \times ٢ \times ٣٠٠ \text{ لفة}}{٨,٥٢ \times ١٠}$$

$$= ٤٨٤,٣ \text{ رطل قدم}$$

مثال آخر

إذا كان التدفق المغناطيسي لمحرك ذي أربعة أقطاب هو ٤ ميغا خط لكل قطب وعدد اللفات على عضو الاستنتاج المتصلة بالتوالي بالنسبة للقوة الدافعة «الرجعية» المتولدة = ١٦٠ لفة وعدد الدوائر = ٢ والسرعة = ٥٠٠ دورة في الدقيقة فما هي الأحصنة المحركة إذا كانت شدة التيار في عضو الاستنتاج = ٥٠ أمبير

الحل : الأحصنة المحركة

$$= \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية بالفولت} \times \text{شدة تيار الاستنتاج بالأمبير}}{٧٤٦} \text{ (بند ١٠٠)}$$

$$\text{وعدد الاسلاك} = \text{ضعف عدد اللفات} = ٢ \times ١٦٠ = ٣٢٠ \text{ سلك}$$

$$\text{القوة الدافعة الرجعية المتولدة} = \frac{٣٢٠ \text{ سلك} \times ٤ \times ٦٠ \times \text{خط} \times ٥٠٠ \times ٤ \text{ أقطاب}}{٦٠ \times ١٠}$$

$$\therefore \text{عدد الأحصنة المحركة} = \frac{٣٢٠ \times ٤ \times ٦٠ \times ٥٠٠ \times ٤ \times ٥٠ \text{ أمبير}}{٧٤٦ \times ٦٠ \times ١٠}$$

$$= ٢٨,٥ \text{ حصان}$$

حل آخر

$$\text{عزم الدوران} = \frac{\text{س} \times \text{ت} \times \text{ف} \times \text{ز}}{\text{ع}} = \frac{١٠ \times ٨,٥٢}{\text{ع}} \times \frac{\text{رطل قدم (بند ٩٧)}}{\text{ع}}$$

$$= \frac{\text{ف} \times ٤ \times ٣٢٠ \times ٦٠ \times ٤ \times ٥٠}{\text{ع} \times ١٠ \times ٨,٥٢} = \text{(لان } ٣٢٠ = \frac{\text{ف}}{\text{ع}} \text{ سلاك)}$$

$$\text{والقدرة} = \frac{\text{ط} \times \text{عزم}}{\text{حصان}} = \frac{\text{ط} \times \text{عزم}}{٦٠} = \frac{\text{ط} \times \text{عزم}}{٥٥٠ \times ٦٠}$$

$$= \frac{٥٠٠ \times \text{ط} \times ٤ \times ٣٢٠ \times ٦٠ \times ٤ \times ٥٠}{٥٥٠ \times ٦٠ \times ١٠ \times ٨,٥٢} = \underline{\underline{٢٨,٥ \text{ حصان}}}$$

الفصل الرابع

عملاقة السرعة بالتدريس المغناطيسي والضغط على الفرس

$$\text{بند ١٠١} - \text{القوة الدافعة الرجعية} = \frac{\text{س} \times \text{ت} \times \text{ز} \times \text{ف} \times \text{س}}{\text{ع} \times ٦٠ \times ١٠}$$

$$= \text{ص} - \text{س م} \text{ (بند ٩٨ ٩٩ ٩٩ ٩٩)}$$

$$\therefore \frac{\text{ص} - \text{س م}}{\text{ت}} \times \frac{\text{ع} \times ٦٠ \times ١٠}{\text{ز} \times \text{ف}} = \text{س}$$

$$= \frac{\text{ص} - \text{س م}}{\text{ت}} \times \text{عدد ثابت (راجع الرموز في بند ٩٩)} = \text{س}$$

أى أن سرعة المحرك

$$= \frac{\text{الضغط على الفرش} - \text{مفقود الضغط في الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{التدفق المغناطيسى لكل قطب}} \times \text{عدد ثابت}$$

$$= \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية}}{\text{التدفق المغناطيسى لكل قطب}} \times \text{ع}$$

$$\text{بفرض أن ع} = \text{عدد ثابت} = \frac{10 \times 60 \times 2}{2 \times 2 \times 2}$$

وهذه العلاقة بين السرعة والقوة الدافعة المتولدة والتدفق المغناطيسى الميمنة في المحركات هى نفس العلاقة في الديناموات . غير أن القوة الدافعة في الاولى = الضغط على الفرش - مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج س م . وفي الثانية = الضغط على الفرش + مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج س م

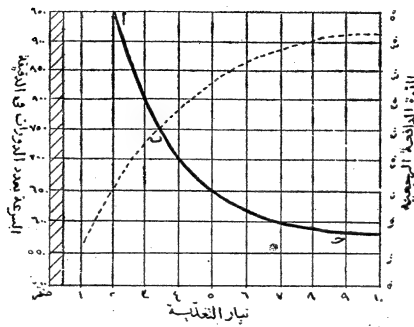
فاذا كان المحرك غير محمل فان شدة التيار في عضو الاستنتاج س تكون بسيطة . وبما أن مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج م . لا تتعدى كسراً بسيطاً جداً . اذا س م يمكن اهمالها

$$\text{فعلى هذا الاعتبار السرعة و} = \frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{التدفق المغناطيسى}} \times \text{ع}$$

أى أن ض = ضر (لأن س م = ض - ضر) بند ٩٩
فاذا كان الضغط على الفرش ض ثابتاً فالسرعة تتناسب تناسباً عكسياً مع التدفق المغناطيسى ت . اى تتناسب مع تيار التغذية قبل وصول الاقطاب لدرجة التشبع

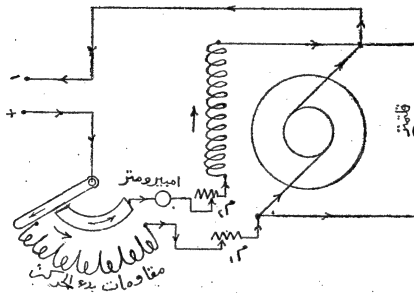
فاذا زدنا شدة تيار عضو التوليد (أى تيار التغذية) يزيد التدفق المغناطيسى فترتفع القوة الدافعة الرجعية فتهبط سرعة المحرك لأنه لا يمكن كما قلنا أن تزيد القوة الدافعة الرجعية ضر عن الضغط على الفرش (المستمد من ينبوع خارجى)

بل لا بد أن تكون على الاكثر مساوية له (وذلك اذا أهملنا مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج كما هو الحال في المحرك الغير محمل)



(شكل ١٤٠)

والخط البياني المرسوم (شكل ١٤٠) عبارة عن منحنى السرعة وتيار التغذية لمحرك غير محمل والقوة الدافعة الرجعية ضرة ثابتة على طول التجربة وذلك يجعل الضغط على الفرش ثابتاً وتغذية عضو التوليد مستقلاً عن الفرش والشكل ١٤١ يبين كيفية توصيل المحرك لعمل هذه التجربة



(شكل ١٤١)

والاجهزة اللازمة هي :

(١) مقاومات بدء حركة

(بند ١٠٩)

(٢) مقاومة بالتوالى مع لفات

عضو التوليد م لتغيير تيار التغذية

(٣) مقاومة بالتوالى مع الفرش م

لجعل الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى

ثابتاً على طول التجربة

(٤) أميتر ومتر بالتوالى مع لفات عضو

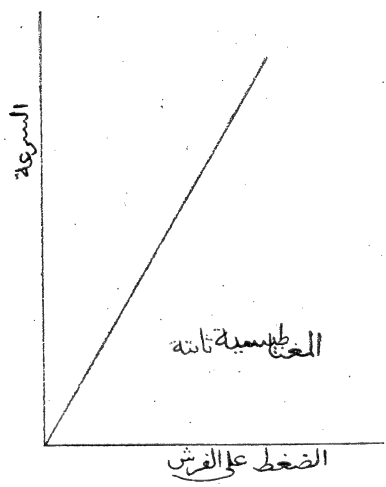
التوليد لقراءة تيار التغذية

(٥) فلتومتر لقراءة الضغط على طرفي

الفرش (وهو الثابت على طول التجربة)

ويمكننا بنفس هذه التوصيلة أن نرسم

المنحنى بين الضغط على الفرش والسرعة



(شكل ١٤٢)

وذلك بثبتت تيار التغذية بواسطة المقاومة م_٢ وتغيير الضغط على الفرش بواسطة المقاومة م_١. والمنحنى شكل ١٤٢ يبين لنا هذه العلاقة وهو عبارة عن

$$\text{خط مستقيم لأن } \frac{ص (المتغيرة)}{ت (الثابتة)} = \frac{١}{٢} \times$$

نلاحظ في المنحنى الأول (شكل ١٤٠) أن المنحنى بين ١ ب عبارة عن خط مستقيم لأن الاقطاب بعيدة بين هاتين المنطقتين عن درجة التشبع فالتدفق يتناسب مع تيار التغذية والضغط على طرفي الفرش ثابت كما اشترطنا ولكن المنحنى يتقوس بين ٦ ح - لقرب الاقطاب من درجة التشبع بين هاتين النقطتين

ولكن بعد النقطة ح - حيث مفروض أن الاقطاب تشبعت - فالمنحنى يصير موازياً للسينات الأفقى حيث لا تؤثر زيادة تيار التغذية على السرعة كذلك اذا قللنا تيار التغذية فالمغناطيسية تقل فترتفع السرعة حتى اذا وصلت المغناطيسية الى نهاية صغرى قريبة من الصفر فالسرعة ترتفع الى قيمة كبيرة جداً يخشى منها على المحرك كما يلاحظ من المنطقة الممهدة على المنحنى البياني (شكل ١٤٠)

وقد رسمنا مع المنحنى منحنى التمدد (وذلك بادارة المحرك كدينامو واتباع الطريقة المعروفة في الابواب السابقة لايجاد هذا المنحنى) وهو المبين بنقط

مثال ذلك

(١) محرك غير محمل يدور بسرعة ١٥٠٠ دورة في الدقيقة لما كان الضغط على الفرش ١٠٠ فلت. فاذا زدنا الضغط المغذى الى ١٥٠ فلت وجعلنا تيار لفات عضو التوليد ثابتاً في الحالتين فما هي سرعته في هذه الحالة بما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية تقريباً

وبما أن تيارات لفات عضو التوليد ثابت في الحالتين فالتدفق المغناطيسي متساوٍ في الحالتين أيضاً

$$\text{وبما أن } \frac{V}{T} = E \times \frac{100}{T} \text{ (بند ١٠١)}$$

$$\text{إذا } \frac{100}{T} = 1000 \times E$$

$$6 \quad \frac{100}{T} = \frac{1000}{T} \times E \text{ بفرض أن } E = \text{السرعة في الحالة الثانية}$$

$$\text{إذا } \frac{100}{100} = \frac{1000}{T}$$

$$\text{إذا } \frac{1000}{100} = \frac{100 \times 1000}{2250} = \text{دورة في الدقيقة تقريباً}$$

مثال آخر

(٢) إذا كانت سرعة محرك غير محمل = ١١٠٠ دورة في الدقيقة فإذا قللنا شدة التيار في لفات عضو التوليد (بواسطة مقاومة منظمة) إلى $\frac{1}{3}$ الشدة التي كانت فيه. فما هي السرعة في هذه الحالة مع العلم أن الضغط على الفرش في الحالتين = ١٠٠ فلت وإن التدفق المغناطيسي يتناسب مع شدة تيار عضو التوليد

الحل:

بما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية تقريباً

$$\text{إذا } \frac{100 \text{ فلت}}{T} = 1100 \times E$$

$$\frac{100 \text{ فلت}}{ت} = \frac{6}{\text{د}} \text{ بفرض أن } \frac{6}{\text{د}} = \text{السرعة والتدفق}$$

المغناطيسى فى الحالة الثانية

وبما أن تيار عضو التوليد فى الحالة الثانية = $\frac{2}{3}$ التيار فى الحالة الأولى وأن التدفق يتناسب مع هذه الشدة
اذًا $\frac{2}{3} ت = \frac{6}{\text{د}}$

$$\text{وبالتعويض ينتج لنا أن } 1100 = \frac{100 \text{ فلت}}{ت} \times \frac{6}{\text{د}}$$

$$\frac{6}{\text{د}} = \frac{100 \text{ فلت}}{ت \times \frac{2}{3}} = \frac{400}{ت} \times \text{عدد ثابت}$$

$$\frac{6}{\text{د}} \times \frac{100}{100} = \frac{400}{ت} \times \frac{3}{2}$$

$$\text{اذًا } \frac{6}{\text{د}} = \frac{4 \times 1100}{3} = \frac{1466,6}{\text{دورات فى الدقيقة تقريبا}}$$

الفصل الخامس

رد فعل عضو الاستفناج فى المحركات

بند ١٠٢ - بما أن التيار الكهربائى فى المحركات هو بعكس القوة الدافعة

الرجعية (لأن $س = \frac{ص - ص}{م}$ بند ٩٩) المتولدة فيه . أى أنه

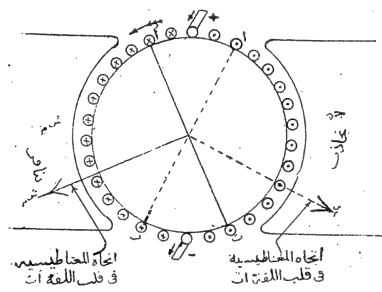
بعكس التيار الكهربائى الذى كان يخرج المحرك لو استعمل كدينامو فى نفس

الاتجاه . اذا رد فعل عضو الاستنتاج في المحرك يؤثر على مناطق الحيايد بعكس تأثيره عليها في الدينامو . أى أن منطقة الحيايد تتقهقر عن مركزها بين القطبين أى بعكس اتجاه حركة المحرك . وهذا بخلاف التأثير في الدينامو حيث منطقة الحيايد تتقدم في ناحية الدوران (راجع الباب الرابع) . ولذلك لمنع الشرر يجب أن نحرك الفرش بعكس اتجاه دوران المحرك « وليس في اتجاه الدوران كما هو الحال في الدينامو »

تأثير موضع الفرش على حركة المحرك

بند ١٠٣ — ان مركز الفرش بالنسبة لمنطقة الحيايد النظرية له تأثير على عزم دوران المحرك فاذا كانت الفرش موضوعة على هذه المنطقة فالعزم المتولد في جميع اللفات التى على يمين الفرشة في اتجاه العزم المتولد في اللفات التى على يسارها كما يلاحظ من الشكل ١٤٣ وكلها تساعد على الدوران

ولكن اذا نقلنا الفرش عن منطقة الحيايد النظرية على يسارها مثلاً فنلاحظ ان اللفات المحصورة بين الفرش ومحور الحيايد النظرى أى بين الزاوية هـ



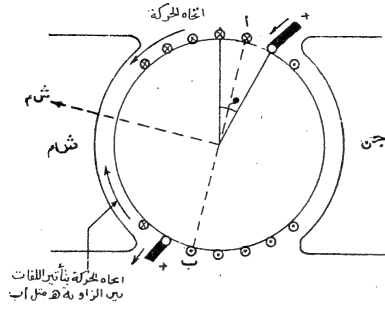
(شكل ١٤٣)

مثلاً (شكل ١٤٤) تولد عزمًا معاكسًا لحركة المحرك أى عزمًا رجعيًا . ويمكننا معرفة ذلك بالطريقة الثانية المذكورة في

بند ٩٦ لتعيين اتجاه حركة المحرك فوضع الفرش كما قلنا له تأثير على

عزم الدوران أى على سرعة المحرك .

وأحسن وضع للفرش للارتفاع بجميع العزم الناتجة من مغناطيسية التيار الكهربي فى جميع لفات عضو الاستنتاج ومغناطيسية عضو التوليد هو منطقة الحيايد النظرية . ولكن بالنسبة لرد فعل عضو الاستنتاج وتأخر منطقة الحيايد عن موضعها في اتجاه معاكس للحركة فلاجل منع الشرر (كما هو الحال في الديناموات .



(شكل ١٤٤)

الباب الرابع) يجب أن تؤخر الفرش
أى نحر كما بعكس حركة المحرك حتى
توضع فى منطقة الحيات العملية . وفى
هذه الحالة تضعف مغناطيسية عضو
التوليد كما سبق شرح ذلك فى الديناموات
وبما أن أضعاف المغناطيسية يسبب
ارتفاع السرعة (بند ١٠١) فالسرعة

ترتفع قليلا رغم العزم الرجعى المتولد نتيجة وضع الفرش فى غير منطقة الحيات
النظرية لأن هذا التأثير الأخير أقل من التأثير الأول
إذا يمكن تنظيم سرعة المحرك بواسطة تحريك الفرش بعكس اتجاه الدوران

تمرينات على الباب الخامس

إذا كان عدد مجارى عضو استنتاج محرك ذى أربعة أقطاب يساوى ٤٧
مجرى وكل منها يحتوى على ٢٤ سلكا فما هو عزم الدوران المؤثر على عضو
الاستنتاج . مع العلم أن التدفق المغناطيسى هو ١,٣٣ ميغاخط لسلك قطب وشدة
التيار فى لفات الاستنتاج يساوى ١٧ أمبير واللفات تموجية

(٢) محرك ذو أربعة أقطاب يحتوى عضو استنتاجه على ٩٩ سلك . فإذا
كان عزم الدوران المؤثر هو ١٥٠ رطل قدم عند ما كانت شدة التيار فى لفات
الاستنتاج ٣٣ أمبير فما هو الضغط على طرفى الفرش عند ما يدور بسرعة ٧٠٠
دورة فى الدقيقة . مع العلم أن مقاومة لفات الاستنتاج ٠,٦٥ و مفقود الضغط
فى الفرش يساوى ٢,٣ فلت واللفات انطباقية

(٣) محرك تدفقه المغناطيسى ٢,٣٥ ميغاخط لسلك قطب وسرعته ٩٥٠
دورة فى الدقيقة عند ما يكون التيار فى لفات الاستنتاج ١٢٩ أمبير والضغط

على الفرش ٢٢٠ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج ٢٩٥ ر^٣ والضغط للمفقود
في الفرش ٢ ر^٢ فلت . فاذا قل التدفق المغناطيسي الى ٢ ميغا خط لكل قطب
والضغط على الفرش الى ٢٠٠ فلت فما هي سرعة المحرك في هذه الحالة مع العلم
أن عزم الدوران المؤثر ثابت ومتساو في كلتا الحالتين

(٤) ما هي القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية في المحركات
وكيف تبرهن على ذلك

(٥) اذكر أربعة طرق لمعرفة اتجاه حركة محرك اذا عرفت اتجاه التيار
الكهربائي في أسلاك عضو الاستنتاج واتجاه خطوط التدفق المغناطيسي في عضو
التوليد . يجب الاستعانة بالرسم في جميع الحالات

(٦) العوامل الآتية موجودة في المحركات وفي الديناموات على السواء
والمطلوب توضيح الفرق في تأثير أو في تقدير كل منها على سل من النوعين . —

(١) رد فعل عضو الاستنتاج

(٢) تحريك الفرش لتجنب الشرر

(٣) اذا كان الضغط على الفرش صم ومفقود الضغط في الفرش وأسلاك

الاستنتاج س م فما هي القوة الدافعة المتولدة

(٤) العلاقة بين السرعة والقوة الدافعة المتولدة والتدفق المغناطيسي

(٥) العزم المتولد في اسلاك الاستنتاج

(٦) الحمل

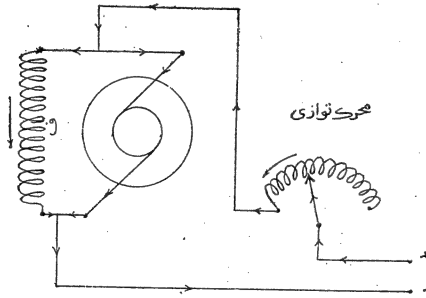
الباب السادس

العلاقة بين السرعة والحمل في المحركات

الفصل الأول

أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها

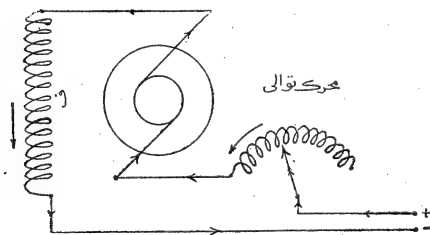
بند ١٠٤ - أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها هي تماما كأنواع الدينامومات ذات التغذية الذاتية . والشكل ١٤٥ عبارة عن محرك توازي . أى أن لفات عضو توليده في متصلة بالتوازي مع الفرش ولفات عضو الاستنتاج



(شكل ١٤٥)

لأن التيار الكهربائي المستعمل من ينيوع كهربائي خارجي جزء منه يمر بلفات التغذية والباقي بلفات عضو الاستنتاج عن طريق الفرش كما هو مبين

والشكل ١٤٦ عبارة عن محرك



(شكل ١٤٦)

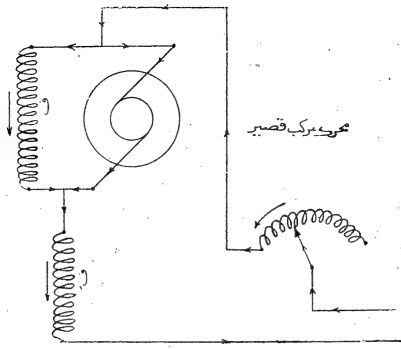
توالي أى أن لفات عضو توليده في متصلة بالتوالي مع الفرش ولفات عضو الاستنتاج

والشكل ١٤٧ عبارة عن محرك

مركب قصير أى أن لفات عضو توليد

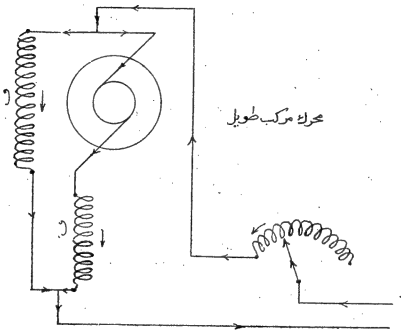
التوازي في متصلة مباشرة بالفرش ولفات التوالى في متصل إحدى طرفيها

بأحدى طرفي الفرشتين والطرف الآخر بالينبوع. كما هو مبين فالتيار الكهربائي في هذه اللفات = التيار الكلي المستمد من الينبوع



(شكل ١٤٧)

والشكل ١٤٨ عبارة عن محرك مركب طويل. أي أن أحد طرفي لفات التوازي ف متصل مباشرة بأحدى الفرشتين والطرف الآخر متصل بأحدى طرفي لفات التوالي ف والطرف الثاني لهذه اللفات الأخيرة متصل بالفرشة الثانية



(شكل ١٤٨)

فالتيار الكهربائي في لفات التوالي = التيار الكلي المستمد من الينبوع — التيار في اللفات التوازي ف والمركب بنوعيه اما أن تكون لفات التوالي فيه معا كسة لللفات التوازي أي يولد مغناطيسية معا كسة لمغناطيسية لفات التوازي. ويسمى بمركب تفريق أو أن تكون لفات التوالي فيه مساعدة — فيما يختص بتوليد المغناطيسية — لللفات التوازي ويسمى بمركب اضافي

الفصل الثاني

مميزات كل نوع من أنواع المحركات

بما أن الغرض من المحركات هو عكس الغرض من الديناموات أي أنها معدة لعمل شغل ميكانيكي فكل ما يهم في معرفة مميزات كل نوع من هذه الأنواع هو العلاقة بين الحمل المحمل به المحرك وسرعته

محرك نوازي

$$\text{بند ١٠٥} - \text{عرفنا من (بند ١٠١) أن السرعة } v = \frac{v - v_m}{t} \times \epsilon$$

بفرض أن $v =$ الضغط على الفرش (أي المستمد من ينبوع خارجي)
 $\epsilon =$ شدة التيار في لفات الاستنتاج $\epsilon_m =$ مقاومة الفرش ولفات

$$\text{الاستنتاج } \epsilon = \frac{t = \text{التدفق المغناطيسي في كل قطب } \epsilon = \frac{10 \times 60 \times \epsilon}{2 \times 2 \text{ ف}}$$

فاذا كان الضغط على الفرش في محرك التوازي ثابتاً فزيادة الحمل لا تؤثر على مغناطيسية عضو التوليد . الا أن زيادة الحمل يسبب زيادة في العزم المقاوم لحركة المحرك عن عزم الدوران المسبب للحركة . فالسرعة تهبط . فتقل القوة الدافعة

$$\text{الرجعية فتزيد شدة التيار في لفات الاستنتاج (} s = \frac{v - v_m}{m} \text{) بند ٩٩}$$

وعلى ذلك يزيد عزم الدوران لأنه يتناسب مع $s \times t$ (بند ٩٧) الى أن يتساوى مع العزم المقاوم للحركة فيستمر المحرك في دورانه على سرعة ثابتة ولكنها أقل من الاول . وبما أن هبوط السرعة الناتج عن زيادة الحمل سببه زيادة مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج أي $s \times m$ كما يلاحظ من المعادلة السابقة

($s = \frac{v - v_m}{t} \times \frac{1}{e}$) وهذا المفقود هو بسيط جداً رغماً عن زيادة الشدة

بزيادة الحمل . إذاً هبوط السرعة بزيادة الحمل يكون بسيطاً جداً يمكن تلافيه بأضعاف مغناطيسية عضو التوليد وذلك بتحريك الفرش ضد اتجاه الحركة كما سبق الكلام على ذلك (بند ١٠٣) وعلى هذا يمكن اعتبار محرك التوازي ثابت السرعة مهما زاد الحمل . ومع ذلك يكن إضافة لفات على أقطاب محرك التوازي توصل بالتوالي مع الينبوع الكهربائي ويكون اتجاه لفها معاكساً لاتجاه لفات التوازي ويسمى هذا النوع من المحركات بمركب تفريقي . وتنظيم السرعة في هذا النوع أوتوماتيكي لانه اذا زاد الحمل زادت شدة التيار في لفات التوالى (للسبب المبين سابقاً ببند ١٠١) فتزيد المغناطيسية حولها وبما أن هذه اللفات معاكسة في الاتجاه لللفات التوازي فالمغناطيسية الناتجة عنها تكون معاكسة لمغناطيسية لفات التوازي وعليه فزيادة التيار في لفات التوالى ينتج عنه اضعاف لمحصول المغناطيسيتين فتزيد السرعة

ملحوظة — يجب في المركب التفريقي عدم تحميل المحرك زيادة عن طاقته لئلا يزيد تيار لفات التوالى لدرجة أن المغناطيسية الناتجة عنه تمحى مغناطيسية لفات التوازي فيقف المحرك لان عزم الدوران (المتناسب مع $t \times s$) اللازم لادارة المحرك ضد الحمل يساوى في هذه الحالة صفراً

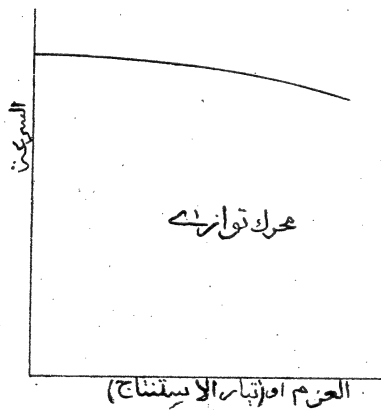
ولكن هذا النوع من المحركات (المركب التفريقي) نادر الاستعمال لان محرك التوازي يمكن جعل سرعته ثابتة مهما زاد الحمل بطريقة تحريك الفرش عكس الدوران الموضحة في نهاية بند ١٠٣ . خصوصاً وأن عزم دوران المركب التفريقي في بدء الحركة ضعيف جداً لان محصلة التدفق المغناطيسى — الناتجة من تأثير مغناطيسية لفات التوالى على مغناطيسية لفات التوازي المعاكسة لها — ضعيفة جداً لاندفاع التيار الكهربائي في عضو الاستنتاج وبالتالي في لفات التوالى بقيمة كبيرة لعدم تولد قوة دافعة رجعية في بدء الحركة حيث السرعة صفر

١- استعمال محرك التوازي

بند ١٠٦ - يستعمل هذا النوع في الآلات التي لا تحتاج الى عزم دوران قوى في بدء الحركة مثل المخارط . والمنحنى (شكل ١٤٩) يبين العلاقة بين شدة تيار الاستنتاج والسرعة لمحرك توازي عند ما يكون الحمل (الميكانيكي) المحمل به المحرك متغيراً والضغط الكهربائي على طرفي الفرش (وهو المستمد من ينبوع كهربائي خارجي) ثابتاً فالتيار الكهربائي في لفات عضو التوليد وبالتالي التدفق المغناطيسي في الاقطاب يكون ثابتاً

إذا العلاقة بين تيار عضو الاستنتاج والسرعة بتغيير الحمل بالشروط السابقة هي نفس العلاقة بين العزم المحرك (لانه يتناسب مع $s \times t$) والسرعة وقد قلنا في نهاية بند (٩٧) عند ما تثبت السرعة على حمل ما فلا بد ان يتساوى العزم الرجعي (بما فيه المفاهيم الميكانيكية والحديدية طبعاً) بالعزم المحرك اذا هذا المنحنى - أو أي منحن يبين العلاقة بين عزم الدوران في المحرك وما يقابل له من سرعته - يبين لنا أيضاً تأثير الحمل على هذه السرعة ولذلك يسمى هذا المنحنى بالمنحنى الخاص الميكانيكي للمحرك

والشكل ١٥٠ يبين كيفية توصيل هذا النوع لايحاد المنحنى الخاص

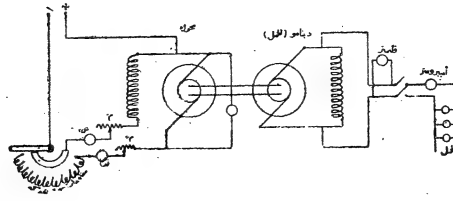


العزم او (تيار الاستنتاج)

(شكل ١٤٩)

الميكانيكي له وهو موصل للينبوع بنفس الاجهزة والطريقة الموصل بها المحرك في شكل ١٤١ . والغرض من وضع المقاومات M_1, M_2 هو لتثبيت شدة تيار التغذية والضغط على الفرش أثناء التجربة . والحمل المحمل به المحرك (حسب هذا الشكل) هو دينامو توازي يدور بواسطة هذا المحرك وموصل

لدائرة مصابيح . فتغيير خرج الدينامو معناه تغيير الحمل على المحرك (أو خرج المحرك)



نلاحظ أن هبوط السرعة بزيادة الحمل في هذا النوع ناتج عن زيادة مفقود الضغط في الفرش وأسلاك

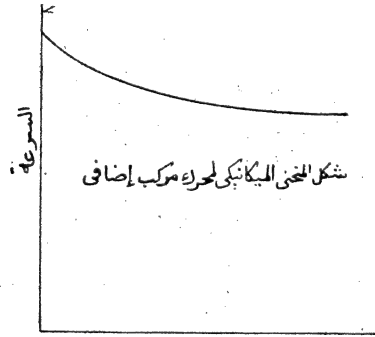
(شكل ١٥٠)

الاستنتاج (لأن $s = \frac{v - s_m}{t} \times 1$) وهو كما قلنا بسيط يؤثر تأثيراً بسيطاً على السرعة لأن المغناطيسية والقوة الدافعة الرجعية ثابتتان تقريباً كما بينا ذلك

المركب الإضافي

بند ١٠٧ — في هذا النوع لفات التوالى تساعد لفات التوازي فالسرعة تنقص بزيادة الحمل وذلك لزيادة مغناطيسية التوالى المساعدة للتوازي (و

$$= \frac{v - s_m}{t} \times 1 \text{) ومقدار النقص متوقف على نسبة أمبير}$$



شكل المنحنى الميكانيكى لحركه مركب إضافي

الحمل (أو العزم المحرك)

(شكل ١٥١)

لفات التوالى الى أمبير لفات التوازي .
فلو فرضنا أن أمبير لفات التوازي كانت ٤٠٠٠ والتوالى على أقصى حمل كانت ١٥٠٠ . فاذا أهملنا تشبع الاقطاب ومفقود الضغط في النحاس كانت السرعة

$$\text{على أقصى حمل} = \frac{4000}{1500 + 4000}$$

$\times 100 = 73\%$ من سرعته وهو غير محمل . ولكن عند تصميم هذا النوع يراعى فيه أن الاقطاب تتشبع عند وصول الحمل لاقصى ما يمكن للمحرك

تحملة بحيث أن السرعة لا تقل عن ٨٠ ٪ من سرعته وهو غير محمل . وامتياز هذا النوع عن الذى قبله أن عزم دورانه أقوى من السابق فى بدء الحركة لأن المغناطيسية تكون كبيرة جداً لاندفاع شدة التيار فى بدء الحركة للسبب السابق ذكره ولذلك يستعمل فى الآلات التى تحتاج الى عزم دوران قوى مثل المضاعد وآلات التجليخ حيث الاحمال ثقيلة ومتقطعة . اذ من مميزاته أيضاً أن سرعته لا تتعدى السرعة القانونية مهما قلّ الحمل وذلك لأن التدفق المغناطيسى الناتج عن لفات التوازي ثابت مادام الضغط على الفرش ثابت . والمنحنى البياني (شكل ١٥١) يبين العلاقة بين السرعة والحمل . ويمكننا عمل هذه التجربة عملياً لأن عزم الدوران يتناسب مع الحمل بما فيه مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى وهذه المفاهيم تقريباً ثابتة . وبما أن عزم الدوران يتناسب مع T (بند ٩٧) وفى المركب الاضافى مغناطيسية لفات التوالى تتناسب مع S اذا كان الضغط على طرفى الفرش ثابتاً . والمركب من النوع الطويل فالعزم يتناسب مع S^2 الى أن تصل الاقطاب الى درجة التشبع حيث لا تتغير المغناطيسية بزيادة S ففي هذه الحالة يتناسب عزم الدوران مع S اذاً يمكننا رسم منحنى بين S^2 والسرعة وهذا يبين العلاقة بين الحمل والسرعة لحد محدود وهو التشبع

ملحوظة — اذا كان المركب قصيراً فشدة تيار لفات التوالى تزيد عن شدة تيار الاستنتاج بمقدار لفات التوازي . وهذا الاخير بسيط جداً يمكننا أن نعتبر أن شدة تيار التوالى تساوى تقريباً تيار الاستنتاج

محرك التوالى

بند ١٠٨ — بما أن لفات التوليد فى هذا النوع متصلة بالتوالى مع الينبوع والفرش وبما أن هبوط السرعة الناتج عن زيادة الحمل المحمل به سيعقبه هبوط فى القوة الدافعة الرجعية E (بند ٩٨) وبما أن الضغط على الفرش V ثابت

تقريباً (حيث يمكننا أن نهمل ما يفقد منه في لفات التوالى)
إذا شدة التيار في لفات الاستنتاج ترتفع وكذلك في لفات عضو التوليد
(لأن هذه الأخيرة متصلة بالتوالى مع الأولى) . فالمغناطيسية ترتفع أيضاً فيزيد

$$\text{هبوط السرعة } v \text{ حيث } = \frac{v - v_m}{t} \times e_1 \text{ (بند ١٠١)}$$

من ذلك نرى أن زيادة الحمل فجأة في هذا النوع يؤثر على سرعته تأثيراً كبيراً . لذلك لا يمكن استعمال هذا النوع الا في الاحمال الثابتة
أما اذا زدنا الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى على طرفى فرش هذا النوع وهو محمل بحمل ما فالتيار الكهربائى v_m في عضو الاستنتاج يزيد وكذلك المغناطيسية لانها تتناسب مع v_m . فعزم الدوران الذى يتناسب مع $v_m \times t$ (نهاية بند ٩٧) أى مع v_m^2 في هذا النوع يزيد زيادة كبيرة . وعلى ذلك ترتفع السرعة ضد هذا الحمل بعزم أقوى من أى نوع آخر

وبما أنه يجب فى بدء حركة أى محرك زيادة التيار فى الفرش (أو الضغط على طرفى الفرش) تدريجياً (للأسباب الموضحة فى الباب السابع)

إذا العزم فى بدء حركة هذا النوع أقوى بكثير من الانواع السابقة كذلك كلما قل الحمل زادت السرعة فتزيد القوة الدافعة الرجعية فتتباطئ

$$\text{المغناطيسية } t \text{ (} v = \frac{v - v_m}{t} \times e_1 \text{)}$$

إذا من الخطر على محرك التوالى اذا أدركناه وهو غير محمل لأن التدفق المغناطيسى يكون صغيراً جداً والسرعة ترتفع لدرجة غير مأمونة العواقب

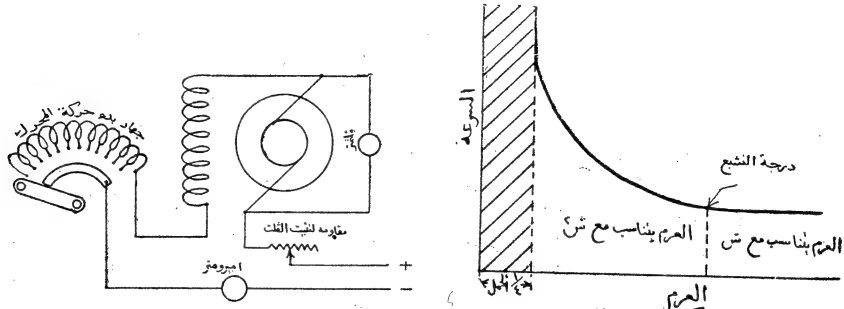
نستنتج من ذلك

أولاً : ان محرك التوالى تهبط سرعته كلما زاد الحمل وبالعكس

ثانياً . عزم الدوران فى بدء الحركة لهذا النوع قوى جداً (أقوى من المركب الاضافى لأنه يتناسب مع v_m^2 قبل الوصول لدرجة التشبع والمغناطيسية كلها ناتجة عن لفات التوالى)

لذلك يستعمل هذا النوع في الآلات ذات الاحمال الكبيرة في بدء الحركة والثابتة في قيمتها طول حركة الدوران. والآلات الناقلة مثل القاطرات الكهربائية هي التي يستعمل فيها هذا النوع

والمنحنى المرسوم شكل ١٥٢ يبين المنحنى الخاص الميكانيكى لهذا النوع



العزم الميكانيكى للحركه

(شكل ١٥٢)

(شكل ١٥٣)

والشكل ١٥٣ يبين كيفية التوصيل . والحمل هنا مفروض أنه فرملة من الفرمال الميكانيكية

يلاحظ أنه بعد درجة التشبع وهي النقطة المبينة على المنحنى مثلثتبت السرعة تقريباً بزيادة الحمل لأن التدفق المغناطيسى . ت . لا يتأثر بزيادة شدة التيار أى بزيادة الحمل وبما أن مفقود الضغط في الفرش والاستنتاج لا يتعدى كسراً بسيطاً مهما كان الحمل . اذا السرعة و تكون تقريباً ثابتة كما قلنا . أى أن

$$\frac{v - v_s}{v_s} \propto \frac{M}{T} \text{ تكون ثابتة}$$

امثلة محلولة على الباب السادس

(١) اذا كان الضغط المستمد من ينبوع على طرفى فرش محرك توازى $110 =$ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش $= 15 \Omega$ وشدة التيار الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج عند ما يكون غير محمل $= 5$ أمبير وعند ما

يحمل بأقصى حمل = ٤٠ أمبير. فإذا كانت سرعته في الحالة الأولى (وهو غير محمل) = ١٥٠٠ دورة في الدقيقة فما هي سرعته في الحالة الثانية (محمل) الحل .

$$\text{سرعة أى محرك } S = \frac{V - V_m}{T} \times \frac{1}{P}$$

$$\text{أى} = \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية } V_m}{T} \times \frac{1}{P}$$

$$\text{إذا } 1000 = \frac{115 \text{ فلت} - 5 \text{ أمبير} \times 10}{T} \times \frac{1}{P}$$

$$\text{وفي الحالة الثانية } S = \frac{115 \text{ فلت} - 40 \text{ أمبير} \times 10}{T} \times \frac{1}{P}$$

وبما أن المحرك توازى والضغط على الفرش (١١٥ فلت) ثابت
إذا التدفق المغناطيسى ت في الحالة الأولى = التدفق ت في الحالة الثانية

$$\text{إذا } \frac{1000}{S} = \frac{115 - 75}{6 - 115} = \frac{114,25}{109}$$

$$\text{إذا } S = \frac{109 \times 1000}{114,25} = 953,0 \text{ دورة في الدقيقة}$$

من هذا المثل يتضح لنا أن هبوط السرعة عند ما حملنا هذا النوع بأقصى

حمل كان بسيطاً لا يتعدى ٥ ٪

(٢) دينامو توازى خرج ٤٠ كيلووات والضغط على الحمل ٣٠٠ فلت

وسرعته ٢٠٠ دورة في الدقيقة ومقاومة لفات استنتاجه بما فيها الفرش ٣٠٢٥ ر

ولفات عضو توليده ٥٠٠ . فالمطلوب إيجاد سرعته إذا استعمل كمحرك توازى

دخله ٤٠ كيلووات على ضغط ٣٠٠ فلت

الحل : —

الآلة كدينامو

$$\text{شدة تيار الحمل للدينامو} = \frac{٤٠٠٠٠ \text{ وات}}{٢٠٠ \text{ فلت}} = ٢٠٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{شدة التيار في لفات التوازي} = \frac{\text{الضغط على الحمل}}{\text{مقاومة لفات التوازي}} = \frac{٢٠٠ \text{ فلت}}{٥٠} = ٤$$

$$= ٤ \text{ أمبير}$$

الشدة الكلية الخارجة من لفات الاستنتاج = شدة تيار الحمل + التيار

$$\text{في لفات التوازي} = ٢٠٠ + ٤ = ٢٠٤ \text{ أمبير}$$

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الحمل + مفقود الضغط في الفرش

$$\text{والاستنتاج} = ٢٠٠ \text{ فلت} + ٢٠٤ \times ٠,٢٥ = ٢٠٥,١ \text{ فلت} = ٢٠٥ \text{ تقريباً.}$$

الآلة كمحرك

دخل المحرك بالوات

$$\text{شدة التيار الكلية أى المستمدة من الينبوع الخارجى} = \frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{شدة التيار فى لفات التوازي}} = \frac{٤٠٠٠٠ \text{ وات}}{٢٠٠ \text{ فلت}} = ٢٠٠ \text{ أمبير}$$

$$= ٤ \text{ أمبير}$$

شدة التيار في لفات الاستنتاج = الشدة الكلية — التيار في لفات التوازي

$$= ٢٠٠ \text{ أمبير} - ٤ = ١٩٦ \text{ أمبير}$$

القوة الدافعة الرجعية = الضغط على الفرش — مفقود الضغط في الفرش

$$\text{والاستنتاج} = ٢٠٠ \text{ فلت} - ١٩٦ \times ٠,٢٥ = ١٩٥ \text{ فلت تقريباً}$$

وبما أن السرعة $v = \frac{\text{القوة الدافعة}}{\text{التدفق المغناطيسي}} \times \epsilon$ وهذه المعادلة كما قلنا في

بند ١٠١ منطبقة على الديناموات والمحركات

وبما أن العدد الثابت ϵ لم يتغير في الحالتين لأن الآلة المستعملة في كليهما واحدة

$$\text{إذا في الدينامو } 200 \text{ دورة} = \frac{200 \text{ فلت}}{t} \times \epsilon$$

$$\text{وفي المحرك } v = \frac{190}{t} \times \epsilon$$

وبما أن التغذية في الحالتين متساوية إذا $t = t$

$$\text{إذا } \frac{190}{t} = \frac{200}{t}$$

$$\text{إذا } v = 200 \times \frac{190}{200} = 190 \text{ دورة في الدقيقة}$$

(٣) يراد إدارة محرك بحيث تكون سرعته ٦٠٠ دورة في الدقيقة فإذا كان

عدد الأحصنة الفرملية للمحرك (أى الحمل) يساوى ٣٠ حصان والضغط على

الفرش يساوى ٢٢٠ فلت وجودة المحرك ٩٠ ٪ وعدد أقطابه ٤ والتدفق

المغناطيسى ٣,٦ ميجا خط لكل قطب. فما هى عدد أسلاك عضو الاستنتاج

إذا كانت اللفات تموجية وأقصى مفقود فى الفرش وأسلاك الاستنتاج

$$= 235 \text{ وات والمحرك من نوع التوالى}$$

الحل: —

$$\frac{\text{القدرة الفرملية}}{\text{الجودة فى المائة}} = (\text{أى المعطاة للمحرك})$$

$$= \frac{746 \times 100 \times 30}{90} = 24897 \text{ وات}$$

شدة التيار الكهربائي = $\frac{\text{القدرة المعطاة للمحرك}}{\text{الضغط على الفرش}}$

$$= \frac{٢٤٨٩٧ \text{ وات}}{٢٢٠ \text{ فلت}} = ١١٣ \text{ أمبير}$$

مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش

$$= \frac{\text{القدرة المفقودة في الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{س}} = \frac{٢٣٥ \text{ وات}}{٢١١٣} = ٠.١١٤ \text{ د}$$

$$١١٣ \text{ أمبير} = \frac{\text{س} - \text{ص}}{\text{م}} = \frac{\text{ص} - ٢٢٠}{٠.١١٤ \text{ د}}$$

$$\text{إذا } \text{ص} = ٢٢٠ - (٠.١١٤ \times ١١٣) = \frac{\text{ت} \times ٢ \times \text{ز} \times ٤ \times \text{ف}}{\text{ح} \times ٦٠ \times ١٠}$$

$$= \frac{٣,٦ \times ٦٠ \times ٤ \times ٦٠ \times ٢}{٢ \times ٦٠ \times ١٠}$$

من هذين المعادلتين ينتج لنا أن ٢ ف = ١٨٠ سلكا

(٤) دينامو توالى سرعته ١٥٠٠ دورة في الدقيقة ويأخذ ١٠ أمبير على حمل ما . فإذا زاد الحمل فجأة وزادت الشدة نتيجة ذلك الى ١٥ أمبير فما مقدار هبوط سرعته في المائة مع العلم أن مقاومة لفات التوالى ١ د ومقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج ١ د والضغط على طرفي المحرك = ١١٥ فلت

الحل :-

$$\text{السُرعة} = \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية } \text{ص}}{\text{التدفق المغناطيسى ت}} \times \frac{١}{٤}$$

الضغط على طرفي الفرش = ١١٥ فلت — مفقود الضغط في لفات التوالى

فقبل زيادة الحمل الضغط على الفرش = ١١٥ - ١٠ × ١ د = ١١٤ فلت

وبعد زيادة الحمل الضغط على الفرش $= 115 - 10 \times 1 = 113,5$ فلت
والقوة الدافعة الرجعية في الحالة الاولى $= 114$ فلت — مفقود الضغط
في الفرش وأسلاك الاستنتاج $= 114 - 10 \times 1 = 113$ فلت
وفي الحالة الثانية $= 113,5 - 10 \times 1 = 112$ فلت

$$\text{السرعة } 1000 = \frac{\text{فلت } 113}{\text{ت}} \times \text{ع}$$

$$\text{وفي الحالة الثانية } = \frac{\text{فلت } 112}{\text{ت}} \times \text{ع}$$

ولكن التدفقت في الحالة الاولى $\frac{10 \text{ أمبير}}{15 \text{ أمبير}} = \frac{2}{3}$ (لأن المحرك توالى
التدفقت في الحالة الثانية
وذلك قبل الوصول لدرجة التشبع

$$\text{إذا } = \frac{2}{3} \times \frac{112}{113} = \frac{224}{339} \approx 66\%$$

$$\text{إذا } = \frac{2}{3} \times \frac{112}{113} \times 500 = 990 \text{ دورة}$$

$$\text{الهبوط في المائة} = \frac{990}{1000} \times 100 = 99\%$$

من هذا المثل يتضح لنا أن محرك التوالى لا يمكن استعماله في الاحمال المتقطعة

تمرينات على الباب السادس

(١) اذا كان الضغط المستمد من ينبوع على طرفي فرش محرك توازى
 $= 200$ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش $= 0,05$ وشدة التيار
الكهربائى في أسلاك الاستنتاج عند ما يكون غير محمل $= 3$ أمبير وعند ما

- ٨ يحمل بأقصى حمل = ٤ أمبير. فإذا كانت سرعته في الحالة الأولى (غير محمل)
 ١٨٠٠ دورة في الدقيقة فما هي سرعته في الحالة الثانية (محمل)
 (٢) دينامو توازي خرج ١٠٠ كيلوات والضغط على الحمل = ١١٠ فلت
 وسرعته ٣٠٠ دورة في الدقيقة ومقاومة لفات استنتاجه مما فيها الفرش = ٠.٥
 ومقاومة لفات عضو توليده = ٠.٩. فالمطلوب إيجاد سرعته إذا استعمل
 كمحرك توازي دخله ١٠٠ كيلوات على ضغط ١١٠ فلت
 (٣) يراد إدارة محرك بحيث تكون سرعته ٨٠٠ دورة في الدقيقة. فإذا
 كان عدد الأحصنة الفرمالية للمحرك (أى الحمل) يساوى ٤٠ حصاناً والضغط
 على الفرش = ١١٠ فلت وجودة المحرك = ٩٠ ٪ وعدد أقطابه أربعة
 والتدفق المغناطيسى 610×4 خطوط لكل قطب
 فما هو عدد أسلاك عضو الاستنتاج إذا كانت اللفات تموجية وأقصى مفقود
 في الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٣٠٠ وات. والمحرك من نوع التوالى
 (٤) محرك ذو أربعة أقطاب يحتوى قلب عضو استنتاجه على ٦١ مجرى
 لوضع الأسلاك. وكل مجرى به ٢٠ سلكاً. فإذا كان التدفق المغناطيسى لكل
 قطب = ٢,٣ ميغا خط فما هو العزم المحرك إذا كانت شدة التيار في الفرش = ٥٠
 أمبير واللفات تموجية
 (٥) اذكر مع الرسم أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها وامتياز كل
 نوع عن الآخر والدوائر التى يستعمل فيها كل منها
 (٦) ما الفرق بين الحمل المحمل به دينامو والحمل المحمل به محرك وكيف
 يمكنك عملياً إيجاد العلاقة بين الحمل والسرعة في محرك توازي
 (٨) اذكر عيوب المحرك التفريق ومميزاته وما هو نوع المحرك المستعمل
 عوضاً عنه لا يمكن استيفائه لمميزات النوع الأول وخلوه من عيوبه

البَابُ السَّابِعُ

مقاومات بدء الحركة

الفصل الأول

بدء حركة محرك

بند ١٠٩ — عند بدء حركة المحرك القوة الدافعة المتولدة فيه (الرجعية)

= صفرأ

ومعروف أن مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيها الفرش صغيرة جداً خصوصاً في المحركات المصممة تصميمًا دقيقاً. فلو فرضنا أن الفلت المغذى للمحرك = ١٠٠ فلت ومقاومة الفرش والاستنتاج = ١٠,٠٥^٣ فشدة التيار

في بدء الحركة = $\frac{100}{2000} = \frac{1}{20} = 0.05$ أمبير ولكن هذه الشدة

كبيرة جداً ولذلك فهي خطيرة جداً على المادة العازلة في أسلاك عضو الاستنتاج فضلاً عن خطورتها على نفس المولد المستمد منه التيار (لأنها بمثابة حصول قصر في المولد). فلتلافي ذلك يجب أن توضع مقاومة كبيرة بالتوالي مع عضو الاستنتاج في بدء الحركة وتنقص تدريجياً إلى أن يبلغ المحرك أقصى سرعته فلا خطر من قطعها في النهاية

وفي بدء الحركة يجب أن يكون التيار في عضو التوليد أقصى ما يمكن لأننا محتاجون لمغناطيسية كبيرة في بدء الحركة لتتولد قوة دافعة رجعية تساعد على عدم اندفاع التيار في عضو الاستنتاج. ثم نقلل من هذه المغناطيسية تدريجياً في

نفس الوقت الذى نقتل فيه مقاومة عضو الاستنتاج فترتفع السرعة تدريجياً

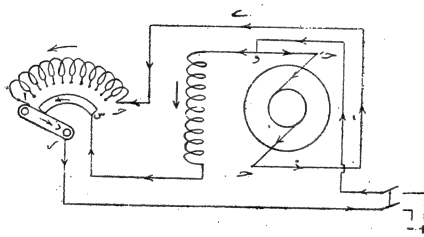
$$\left(\frac{v - v_m}{t} \times \frac{1}{e} \right)$$

وتسمى الأجزاء المعدة لذلك بمقاومات بدء الحركة

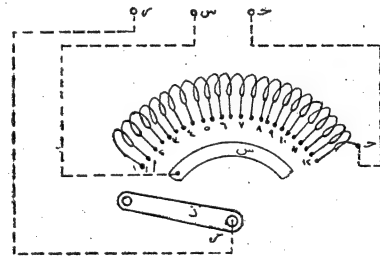
الفصل الثانى

جهاز مقاومات بدء حركة بسيط لمحرك توازى

بند ١١٠ - الشكل ١٥٤ يبين جهاز مقاومات بدء حركة بسيطة لمحرك توازى والشكل ١٥٥ يبين كيفية توصيله بالمحرك (وهى نفس التوصيلة المبينة فى الرسومات السابقة لمحرك توازى)



(شكل ١٥٥)



(شكل ١٥٤)

وهو مكوّن من ذراع ذى يتحرك حول المركز م. ومثبت فى بروتاز الجهاز ساق من النحاس س مقوس الشكل وموضوع بحيث أن الذراع يلامسه فى أثناء حركته الدائرية . وعند تحريك الذراع يمر طرفه الأعلى على المقاومات المبينة من ١ إلى ١٢ مثلاً

فاذا وصلنا الجهاز كما فى شكل ١٥٥ وحركنا ذراع الجهاز الى أن يمس نقطة ١ فالتيار الكهربائى يمر من الينبوع ويتفرع فى نقطة .و. فجزء منه يرفى

لفات عضو التوليد ثم يرجع للطرف السالب للينبوع عن طريق القوس س .
والجزء الآخر يمر بلفات الاستنتاج . ويخرج من الفرشة ح ويمر بمقاومات
الجهاز ومنها للطرف السالب عن طريق الذراع والقوس النحاسى . فكلما حر كنا
الذراع فى ناحية الطرف ح للمقاومات كلما قلت هذه الاخيرة وهى متصلة
بلفات الاستنتاج عن طريق الفرش
نلاحظ فى هذه التوصيلة أن لفات عضو التوليد لا تقابلها أى مقاومة من
من هذه المقاومات سواء فى فتح أو قفل الجهاز

نقائص هذا النوع

بند ١١١ — نقائص هذا النوع محصورة فى الأحوال الآتية
أولا — عند ترك ذراع التوصيلة للقوس النحاسى المتصل بلفات عضو
التوليد لو وقف المحرك ستقطع دائرة عضو التوليد (علاوة على قطع دائرة
عضو الاستنتاج)
وبما أن المحرك توازى . فمقاومة لفات عضو توليده يجب أن تكون كبيرة
لنفس الاسباب التى ذكرناها فى لفات توليد دينامو التوازى (بند ٦٧)
(غير أن هذه اللفات فى المحرك متصلة بالتوازى مع الفرش ولفات الاستنتاج
ولكن فى الدينامو بالتوازى مع الحمل) . اذاً يجب أن تكون عدد اللفات كبيرة
حتى يمكن توليد التدفق المغناطيسى لدرجة التشبع
اذاً فقطع دائرة لفات عضو التوليد عند ترك ذراع الجهاز للقوس النحاسى

$$\begin{aligned} & \text{يتسبب عنه قوة دافعة كهربائية شديدة} = E_n \times \frac{S}{Z} \text{ فلت بفرض أن } E_n = \\ & \text{معامل الاستنتاج الذاتى (أو النفسى) بالهنرى } S = \text{شدة التيار فى لفات التوليد} \\ & \text{قبل ترك الذراع للقوس النحاسى بالامبير } Z = \text{زمن قطع الدائرة بالثوانى (بند ٢٤) وبما} \\ & \text{أن } E_n \text{ تتناسب مع مربع عدد اللفات (} E_n = \frac{1,257 \times 10^7 \times S \times 2 \times 2 \times 2}{10 \times L} \text{) (بند ٢٥)} \end{aligned}$$

فالناتجة تكون اندفاع تيار كهربائي (نتيجة هذا الاستنتاج الذاتي) بين القوس النحاسي وذراع التوصيلة وقت فصل هذا الأخير عن الأول يتسبب عنه شرارة كبيرة . وهذه الشرارة فضلاً عن خطورتها على نفس الجهاز فهي خطيرة على ما يجاورها اذا كان من المواد القابلة للاحتراق

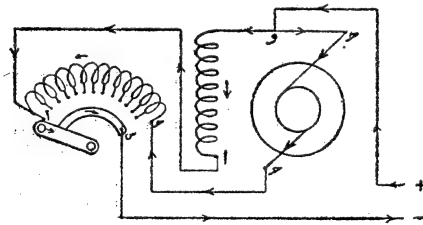
لذلك يجب عند استعمال هذا النوع توصيل مفتاح توصيله قبل الجهاز يفتح أولاً عند قطع التيار

ثانياً — اذا انقطع الضغط الكهربائي المستمد من الينبوع الكهربائي لإدارة المحرك أثناء دوران هذا الأخير نتيجة خللٍ وقتي في المحطة الكهربائية يقف المحرك . فاذا اتصل التيار قبل أن يتنبه العامل المشتغل على هذا المحرك ويفتح جهاز بدء الحركة (وكثيراً ما نلاحظ في المنازل التي بها مصابيح كهربائية قطع التيار الكهربائي ووصله في برهة قصيرة) فيندفع التيار الكهربائي حيث لا يجد أمامه غير مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج وقد شرحنا خطر ذلك في بند ١٠٩ (حيث يكون بمثابة قصر على الدينامو في المحطة الكهربائية المستمد منه التيار فضلاً عن خطره على المادة العازلة للأسلاك)

ثالثاً — كذلك لو زاد الحمل المحمل به المحرك عن طاقة هذا الأخير فالتيار الكهربائي سيندفع في لفات الاستنتاج لهبوط السرعة نتيجة هذا الحمل وبالتالي هبوط القوة الدافعة الرجعية

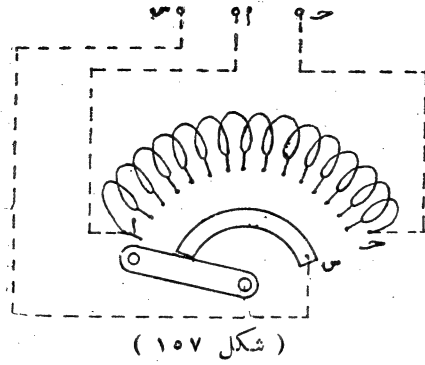
نمط في النقص الأول

بند ١١٢ — ولكن يمكن تلافي النقص الأول بتصميم مقاومات هذا



(شكل ١٥٦)

الجهاز بحيث يمكننا توصيله كما في شكل ١٥٦ . وشكل ١٥٧ يبين نفس الجهاز . فاذا حركنا الذراع الى بدء المقاومات وهو نقطة ١ فالتيار الكهربائي يمر من الينبوع ويتفرع



في نقطة (و) فجزة منه يمر بلفات عضو
التوليد ثم بذراع الجهاز ومنه للطرف
السالب للينبوع عن طريق القوس
النحاسي س. أى أن التيار الكهربائى
في لفات التوليد — عند ما يكون
الذراع على طرف المقاومات ١ أى في

بدء الحركة — لا يقابل أى مقاومة أثناء مروره الا مقاومة لفات التوليد نفسها
والجزء الآخر من التيار الكهربائى يمر من نقطة و الى أسلاك عضو الاستنتاج
عن طريق الفرشة ح، ثم يخرج من الفرشة ج فيمر بجميع المقاومات من ١٢ الى ١
ثم للطرف السالب للينبوع عن طريق الذراع والقوس النحاسى س
وبعد ما يثبت المحرك على سرعته المبدئية (أى على أول حركة لذراع
المقاومات) ينقل الذراع على الدرجة الثانية ٢ فتقل المقاومات المتصلة بلفات
عضو الاستنتاج (أى بالفرش) وعليه تزيد شدة التيار في هذه اللفات (لأن
الضغط على الفرش زاد عما كان قبل نقل الذراع للدرجة الثانية عن القوة
الدافعة الرجعية)

ويساعد على زيادة التيار الكهربائى في لفات الاستنتاج ان الدرجة أو
درجات المقاومات التى تحذف من دائرة الفرش تضاف الى دائرة عضو التوليد
فتقل المغناطيسية . وهكذا الى أن يصل الذراع الى نهاية الدرجات حيث تضاف
جميع درجات المقاومة الى دائرة عضو التوليد وتحذف من دائرة عضو الاستنتاج
وفي هذا الوضع يبلغ المحرك أقصى سرعته بالنسبة لتصميم هذا الجهاز

مميزات هذا التصميم لجهاز مقاومات بدء الحركة عما قبل

بند ١١٣ — مميزات هذا التصميم هى :

(١) زيادة مقاومة دائرة عضو التوليد تدريجياً في الوقت الذى تقل فيه

مقاومة دائرة الفرش فتقل المغناطيسية وهذا يساعد على ارتفاع السرعة (و

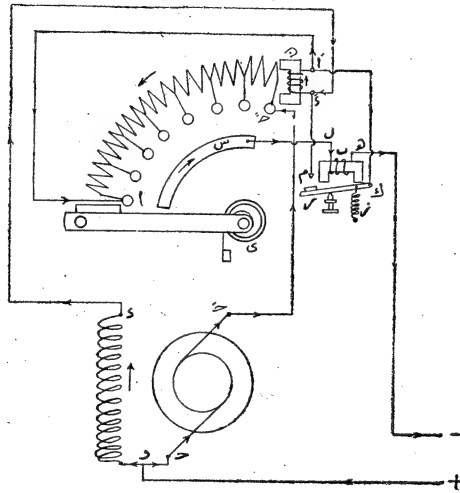
$$= \frac{V - S M}{T} \times 100$$

(٢) عند قطع دائرة المحرك وذلك بارجاع الذراع خارج القوس فطرفا لفات عضو التوليد لا يزالان متصلين ببعضهما عن طريق مقاومات بدء الحركة والفرش وهذا مما يمنع الخطر الذي كان ينشأ من الاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) التي تتولد نتيجة قطع دائرة لفات عضو التوليد — كما هو الحال في قطع دائرة ملف كهربائي متعدد اللفات وملفوف حول قلب من الحديد — لأن هذه الطاقة المستنتجة تنصرف في هذه المقاومات في صورة حرارية وأما النقص الثاني والثالث للجهاز الاول فما زالا موجودين في هذه التوصيلة كما هو واضح من الشكل

الفصل الثالث

جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازي بقاطع أونوماتيكي

بند ١١٤ — الشكل ١٥٨ يبين جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازي



(شكل ١٥٨)

بتصميم أوتوماتيكي لفتح دائرة المحرك عند قطع الضغط على الفرش لآى سبب فجائى أو عند زيادة الحمل عن طاقة المحرك

والجهاز المعد للحالة الاولى

(قطع الضغط) هو عبارة عن

مغناطيس كهربائى ٥ يحتوى

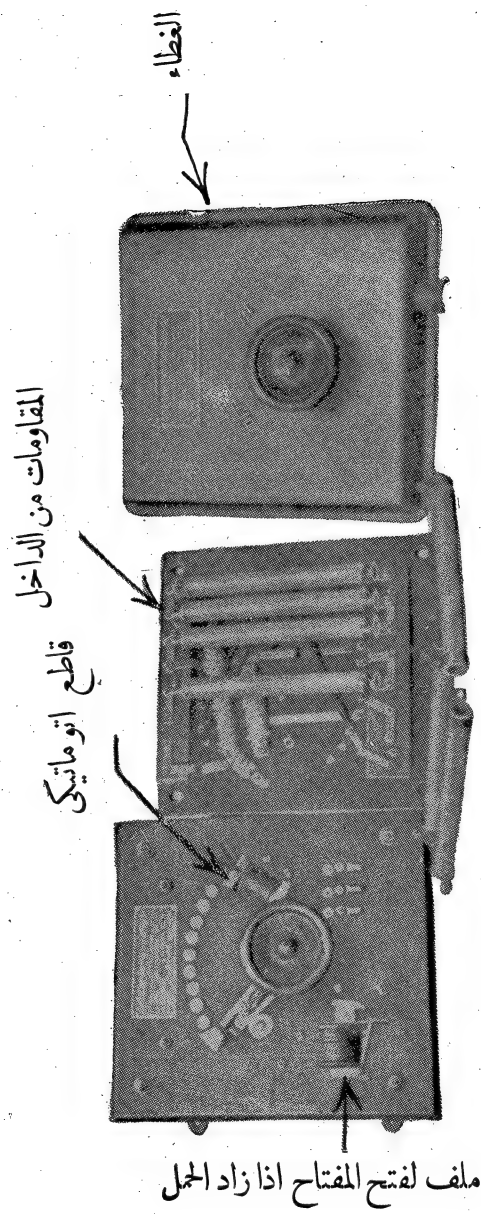
على قلب من الحديد ملفوف

عليه ملف كهربائى معزول

وموصل احد طرفيه ا بطرف المقاومات ا والطرف الآخر يوصل لأحد طرفى لفات عضو التوليد و . ويوجد جهاز آخر ب معد لفتح دائرة التوصيلة اذا زاد الحمل على المحرك عن حده القانونى المصمم له . وهو عبارة عن مغناطيس كهربائى موصل أحد طرفيه ل بالقوس النحاسى س والطرف الآخر بأحد طرفى الينبوع الكهربي . وموضوع أمام المغناطيس الكهربي رافعه م تتحرك من أسفل الى أعلا حول المركز ج ضد الزنبلك ز . ومتصل م ك الرافعة ج بالطرف ا بواسطة سلك موصل . وأمام الطرف الآخر للرافعة مسمار م مثبت فى الجهاز وموضوع بحيث لا يتلامس مع طرف الرافعة الا اذا تحركت من أسفل الى أعلى . وهذا المسمار متصل بالطرف و بواسطة سلك موصل

وكيفية توصيل هذا الجهاز بالمحرك هو كالمبين بالشكل (١٥٨) فعند تحريك

جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازي بما فيه القواطع الاتوماتيكية



فالخطوة الاولى للمنظم — $s = \frac{v}{m}$ (لأن القوة الدافعة الرجعية تساوى صفراً)

وعند ما يبلغ المحرك أقصى سرعته على المقاومة m فإن شدة التيار الكهربائي تهبط الى s بحيث أن $s = \frac{v - v_1}{m}$ بفرض أن v_1 تساوى القوة الدافعة الرجعية المتولدة على هذه السرعة.

الخطوة الثانية للمنظم — وعند تحريك اليد الى m فشدّة التيار الكهربائي $s = \frac{v - v_1}{m}$. وبعد أن يبلغ المحرك أقصى سرعته على m فإن الشدة تهبط الى s_1

s_1 بحيث أن $s_1 = \frac{v - v_1}{m}$ بفرض أن v_1 = القوة الدافعة على هذه السرعة الثانية

الخطوة الثالثة للمنظم — وفي الخطوة الثالثة $s = \frac{v - v_1}{m}$ وهكذا الى آخر خطوة حيث $s = \frac{v - v_1}{m}$

$$\frac{s}{s_1} = \frac{m}{m_1} = \frac{v_1}{v_2} = \dots = \frac{v_{n-1}}{v_n}$$

مثال ذلك : محرك توازى ١٠ حصان فرملى ٩٠ ٤٦٠ فولت ويأخذ ٢٠ أمبير على أقصى حمل فاذا كان أقصى شدة مسموح بها عند بدء كل حركة لذراع جهاز بدء الحركة هي ٣٠ أمبير فما هي عدد خطوات المنظم ومقاومة كل حركة على حدها . مع العلم بأن مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيها الفرش = ٦ د

منه التيار الكهر بائى . فعددها قليل وعليه فالاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) المتولدة نتيجة قطع دائرتها تكون بسيطة ولا يوجد أى خطر منها (بخلاف المحرك التوازى)

كذلك معروف أن هذا النوع لا يستعمل الا فى القاطرات الكهربية حيث العامل المنوط بحر كته يتمرن أولاً بحيث يكون متنبهاً لفتح الجهاز اذا ما انقطع الضغط المغذى فجأة (كما نلاحظ ذلك فى القاطرات الكهربية فى المدن الكبرى مثل القاهرة)

لذلك يوصل هذا الجهاز بالتوالى مباشرة مع لفات التوليد والفرش والاستنتاج

كما فى شكل ١٥٣

وكيفية تقدير مقاومة كل خطوة من خطوات هذا الجهاز وعددها هو تماماً كالتقدير السابق (بند ١١٥)

الفصل الخامس

تنظيم سرعة المحرك

بند ١١٧ — بما أن سرعة أى محرك $z = \frac{z - s}{t} \times \frac{m}{e}$

(بند ١٠١) بفرض أن z و s و m و t الضغط على الفرش ومفقود الضغط فى

الفرش والاستنتاج والتدفق المغناطيسى فى كل قطب

إذا يمكننا تنظيم سرعة المحرك باحدى طريقتين

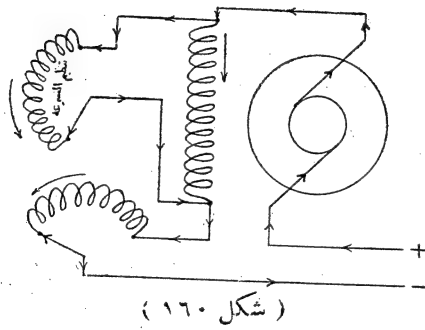
الأولى — بتغيير التدفق المغناطيسى t مع جعل الضغط على الفرش

ثابتاً بواسطة مقاومة متغيرة توضع بالتوالى مع لفات عضو التوليد اذا كان المحرك

توازى كالمقاومة m المبينة بشكل ١٤١ فكما زدنا المقاومة كلما قل التيار

الكهربائي في لفات عضو التوليد فيقل التدفق المغناطيسي ت فترتفع السرعة كما هو واضح من المعادلة السابقة . وتوضع بالتوازي مع لفات التوليد اذا كان من نوع التوالى وفي هذه الحالة يتناسب التناوب في اللفات تناسباً طردياً مع هذه المقاومة كما هو واضح من ١٦٠ شكل

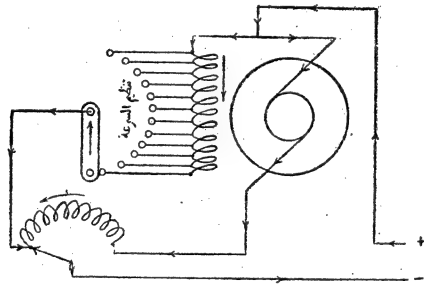
الثانية — بتغيير الضغط على الفرش بواسطة مقاومة متغيرة توضع بالتوالى



(شكل ١٦٠)

مع الفرش كالمقاومة المبيّنة في شكل ١٤١ فكلما زدنا المقاومة كلما قل الضغط على طرفي الفرش . وبما أن زيادة أو نقص التيار الكهربائي لا يؤثر كثيراً على مفقود الضغط س م في الفرش وأسلاك الاستنتاج لأن مقاومة هذين

الاخيرين ضعيفة جداً كما وضعنا ذلك . وعليه فزيادة ونقص الفلت يعقبه زيادة أو نقص المعادلة المبيّنة بنفس النسبة وبالتالى زيادة أو نقص السرعة و وهناك طريقة أخرى لتغيير التدفق المغناطيسي وهي تغيير عدد لفات عضو



(شكل ١٦١)

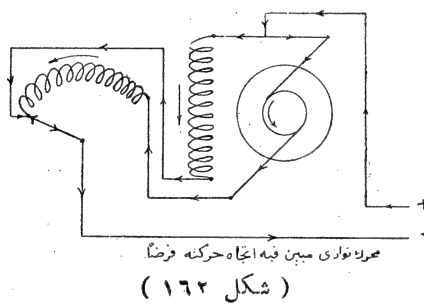
التوليد بدلاً من طريقة تغيير شدة التيار فيها المبيّنة في الطريقة الاولى . والشكل ١٦١ يبين ذلك . ولكن هذه الطريقة قليلة الاستعمال والطريقة الاولى هي الاكثر استعمالاً في دوائر المحركات الكهربائيّة . والسبب في ذلك راجع

الى أن مفقود الضغط س م . اذا كان الحمل كبيراً جداً . لا يمكن اهمال تأثيره وعلى ذلك فزيادة أو نقص س م سيعقبه زيادة أو نقص س م . فالنتيجة س م — س م (اذا كان الحمل كبيراً كما قلنا) ستأثر تأثيراً بسيطاً وبالتالى يتأثر تنظيم السرعة و بنفس النسبة

اذا الطريقة الثانية قليلة الاستعمال بالنسبة للاولى

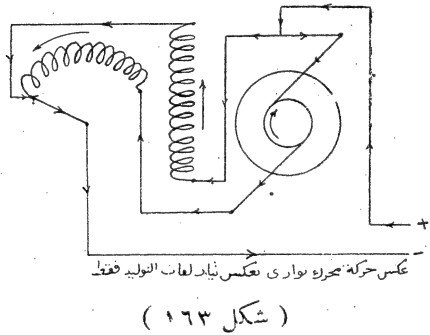
عكس حركة المحرك

بند ١١٨ — برهنا أن عزم الدوران في المحركات يتناسب مع التدفق المغناطيسي \times شدة التيار في لفات الاستنتاج S (بند ٩٧) ولعكس حركة محرك يجب أن نعكس اتجاه العزم المحرك له أى عزم الدوران . ولعكس هذا الأخير يجب أن نعكس اما اتجاه خطوط التدفق المغناطيسي T أو اتجاه التيار الكهر بائى في لفات عضو الاستنتاج S أما اذا عكسنا الاثنين $(T \text{ و } S)$ فهذا لا يؤثر على حاصل ضربها لأن

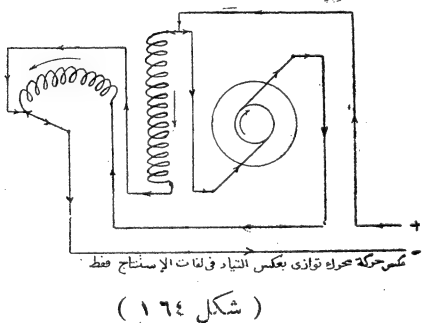


نتيجة ضرب أى عددين سواء كانا سلبين أو ايجابين لا بد وأن تكون ايجابية الا اذا كان أحدهما سلبياً والآخر ايجابياً فالنتيجة تكون سلبية

وبما ان العزم يتناسب مع حاصل ضربهما (أى $T \times S$ كما قلنا) . اذاً لا يمكن أن ينعكس اتجاه العزم الا اذا عكسنا أحدهما وليس كليهما

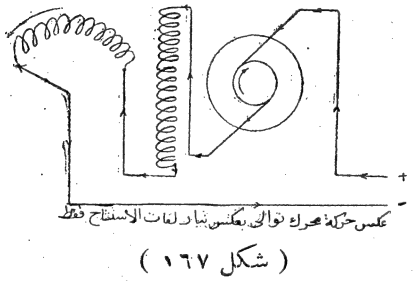
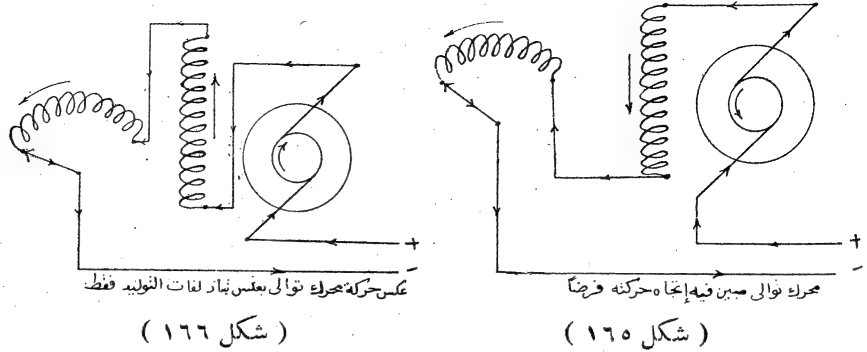


والاشكال المرسومة (١٦٢) — (١٦٤) تبين كيفية عكس الحركة لمحرك توارى مبين فيه اتجاه حركته فرضاً (شكل ١٦٢) . أولاً بعكس تيار لفات التوليد (شكل ١٦٣) . ثانياً بعكس تيار لفات الاستنتاج (شكل ١٦٤)



والاشكال المرسومة (١٦٥) — (١٦٧) تبين كيفية عكس حركة محرك

توالى مبين فيه اتجاه حركته فرضاً (شكل ١٦٥). أولاً بعكس تيار التوليد (شكل ١٦٦). ثانياً بعكس تيار الاستنتاج (شكل ١٦٧).



تمرينات على الباب السابع

(١) محرك ٥ حصان فرملى الضغط على الفرش ٢٣٠ فلت وبأخذ ١٩ أمبير على أقصى حمل (وهو ٥ حصان). فإذا كانت شدة التيار المسموح بها في بدء الحركة ٣٠ أمبير. فالمطلوب تقدير (١) عدد خطوات مقاومات بدء الحركة (ب) قيمة كل مقاومة في كل خطوة. مع العلم أن مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ٣,٤^٣. استعمل الطريقة الهندسة لاثبات صحة الحل

(٢) محرك ٢٠ حصان فرملى الضغط على الفرش ٤٦٠ فلت والمحرك من نوع التوازي. فإذا كانت شدة التيار اللازمة له على أقصى حمل = ٥٣ أمبير فالمطلوب تقدير (١) عدد خطوات مقاومات بدء الحركة اللازمة لهذا المحرك (ب) قيمة مقاومة كل خطوة. مع العلم أن مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج

$$= ٣,٣$$

- (٣) ماهو الخطر الذى يحدث بتوصيل طرفى محرك بطرفى الينبوع الكهربائى اللازم لادارته مباشرة ؟ وكيف تتلافى هذا الخطر
- (٤) اشرح مع الرسم جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازى بقواطع اتوماتيكية مع توضيح الاسباب الداعية لوجود هذه القواطع وكذلك اشرح تصميم هذا الجهاز اذا استعمل لمحرك توالى
- (٥) محرك يدور فى اتجاه معلوم والمطلوب شرح . مع الرسم . التغيرات اللازم عملها لادارته بعكس هذا الاتجاه المعلوم (١) اذا كان محرك توازى (ب) اذا كان محرك توالى . كيف تعلق هذه التغيرات من الوجهة النظرية
- (٦) دينامو يدور فى اتجاه معلوم ويراد ادارته كمحرك فى نفس الاتجاه فكيف توصل الينبوع الكهربائى اللازم لذلك بالمحرك

البَابُ الثَّامِنُ

الطرق العملية في معرفة جودة المحركات والديناموات

الفصل الأول

جودة المحرك

$$\text{بند ١١٩} - \text{جودة المحرك الكهربائية} = \frac{\text{القدرة الكهربائية المخرجة للمحرك}}{\text{القدرة الكهربائية المعطاة للمحرك}}$$

$$100 \times \frac{\text{الفلت الرجعي} \times \text{شدة تيار الاستنتاج}}{\text{الفلت على طرفي الفرش} \times \text{شدة التيار الكلية}} = 100 \times$$

والجودة التجارية

$$= \frac{\text{القدرة الكهربائية المنتجة للحركة} - \text{المفاقد الحديدية والميكانيكية}}{\text{القدرة الكهربائية الكلية المعطاة للمحرك}} \times 100$$

$$= \frac{\text{الخروج الميكانيكي}}{\text{الدخل الكهربائي}} \times 100$$

فلو فرضنا أن ص = القوة الدافعة الرجعية و س = شدة التيار الكلية
 أى المستمدة من الينبوع الكهربائي المغذى للمحرك و س_1 = شدة التيار
 فى لفات الاستنتاج و ص = الضغط على طرفي الفرش و و = المفاقد
 الميكانيكية والحديدية . فالقدرة الكهربائية المنتجة للحركة أى المتحولة الى قدرة
 ميكانيكية = $\text{ص} \cdot \text{س}_1$ (بند ١٠٠) . والقدرة الكلية المعطاة للمحرك

$$= \text{ص} \cdot \text{س}$$

$$\therefore \text{جودة المحرك الكهربائية} = \frac{100 \times \frac{100 \times 100}{100 \times 100}}{100 \times 100}$$

$$\text{الخرج الميكانيكي} = 100 \times 100 - 100$$

$$\therefore \text{الجودة التجارية} = \frac{100 \times \frac{100 \times 100}{100 \times 100}}{100 \times 100}$$

فإذا كان المحرك توالى فالشدة الكلية س = الشدة في لفات الاستنتاج

$$100 \times \frac{100}{100} = \text{وعليه تكون الجودة الكهربائية}$$

مثال ذلك — محرك توالى يولد فلتاً رجعياً مقداره ٩٤ فولت فإذا كانت شدة التيار = ١٠٠ أمبير والضغط على طرفيه = ١٠٠ فلت وإذا كانت القدرة المفقودة في الاحتكاك ومقاومة الهواء وكذلك القدرة المفقودة في الحديد (التيارات الاقصارية والقصور المغناطيسى) هي $\frac{1}{4}$ حصان فما هي القدرة النافعة وما هي الجودة الكهربائية والتجارية

الحل — القدرة المعطاة للمحرك = ١٠٠ فلت \times ١٠٠ أمبير = ١٠٠٠٠ وات

المفقود في الاحتكاك والحديد والهواء = $\frac{1}{4}$ حصان = $\frac{1}{4} \times 746$

= ٣٧٣ وات

القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية = ٩٤ فولت \times ١٠٠

أمبير = ٩٤٠٠ وات

$$\frac{9027}{746} = \text{القدرة النافعة} = 9400 - 373 = 9027 \text{ وات}$$

= ١٢٠١ حصان

$$\underline{\underline{\% 94}} = 100 \times \frac{9400}{10000} = \text{الجودة الكهربائية}$$

$$\underline{\underline{\% ٩٠,٢٧}} = ١٠٠ \times \frac{٩٠,٢٧}{١٠٠٠٠} = \text{والجودة التجارية}$$

مثال آخر - محرك توازي الضغط المغذى له = ١٠٠ فولت ومقاومة
لفات التوازي ١٠٠ أوهم ومقاومة الفرش والاستنتاج = ٠,٠٥ وأهم فاذا كانت
شدة التيار الكلية = ٣٠ أمبير فما هي الجودة الكهربائية للمحرك وما هي
الجودة التجارية اذا كان مفقود الحديد وكذلك المفقود الميكانيكى يساوى
١٠٠ وات

$$\text{دخل المحرك} = ١٠٠ \times ٣٠ = ٣٠٠٠ \text{ وات}$$

$$\text{مفقود النحاس في لفات التوازي} = \frac{٢١٠٠}{١٠٠ \text{ اوهم}} = ١٠٠ \text{ وات}$$

$$\text{شدة التيار في عضو الاستنتاج} = ٣٠ \text{ أمبير} - \frac{١٠٠ \text{ فلتاً}}{١٠٠ \text{ اوهم}} = ٢٩ \text{ أمبير}$$

$$\text{مفقود النحاس في الفرش وأسلاك الاستنتاج} = ٢٩ \times ٠,٠٥$$

$$= ٤٢,٠٥ \text{ وات}$$

$$\therefore \text{مفقود النحاس الكلى} = ١٠٠ + ٤٢,٠٥ = ١٤٢,٠٥ \text{ وات}$$

$$\therefore \text{القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية} = ٣٠٠٠ - ١٤٢,٠٥$$

$$= ٢٨٥٧,٩٥ \text{ وات}$$

$$\underline{\underline{\% ٩٥}} = ١٠٠ \times \frac{٢٨٥٧,٩٥}{٣٠٠٠} = \text{الجودة الكه بائية}$$

$$\underline{\underline{\% ٩٢}} = ١٠٠ \times \frac{١٠٠ - ٢٨٥٧,٩٥}{٣٠٠٠} = \text{والجودة التجارية}$$

الفصل الثاني

ايجاد الجودة في المحركات عملياً

بند ١٢٠ — من السهل ايجاد الجودة الكهربية للمحرك على أى حمل من الاحمال والشكل ١٥٠ لمحرك توازى محمل بدينامو يخرج تياراً لدائرة مصابيح يصلح لايجاد جودة هذا المحرك الكهربية

فبواسطة الفلتمتر الموصل على طرفيه نقرأ الضغط V المستمد من الينبوع . وبواسطة الأميرومتر الموصل في دائرة الفرش نقرأ شدة التيار I في لفات الاستنتاج

وبما أن الضغط الرجعي $V_r = V - I R$ — R م (بند ٩٩) بفرض أن $M =$ مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج . وهذه الأخيرة يمكن ايجادها بواسطة فلتمتر لا تتعدى قراءته اثنين أو ثلاثة فلت G مقاومة معلومة وبطارية كهربية كذلك شدة التيار الكهربي الكلية I يمكن قراءتها بواسطة أميرومتر موصل بالتوالي مع الينبوع الكهربي بأى ودائرة المحرك

$$\text{فالجودة الكهربية على الحمل المحمل به المحرك} = \frac{V_r \times I}{V \times I} \times 100$$

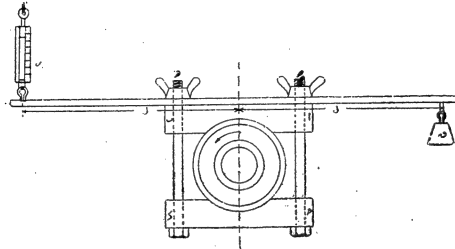
ملحوظة — يمكننا ايجاد مقاومة لفات عضو التوليد M مثلاً والاستغناء عن الأميرومتر الموصل في دائرة الفرش

فالشدة I = الشدة الكلية I — الشدة المنصرفة في لفات التوازي

$$= I - \frac{V}{M}$$

ايجاد الجودة التجاريز لمحرك بواسطة فرملة برونى

بند ١٢١ — فرملة برونى تتركب كما فى الشكل (١٦٨) من قطعتين من الخشب ا ب و ح و يوضع بينهما طنبور المحرك وهاتان القطعتان منضمتان على الطنبور بالمسمارين هـ و هـ فيمكن بواسطتهما تقريظ الفرملة على الطنبور أو تخفيفها لزيادة أو نقص الحمل



(شكل ١٦٨)

الفرملة على المحرك . ومثبت فى قطعة الخشب العليا ا ب رافعة من الصلب معلق فى أحد طرفيها حامل أثقال . وفى الطرف الآخر

مثبت ميزان زمبركى من طرفه الاسفل ومعلق من طرفه الاعلى على حامل

وكيفية العمل هو أن تضبط أولاً الاتقال (و) حتى تأخذ الرافعة وضعاً أفقياً . وبعد ذلك ندير المحرك (وذلك بتوصيله للينبوع الكهربائى) فى الاتجاه الذى يحدث شداً على الزمبلك . ثم نربط صامولتى المسمارين هـ و هـ لتحميل المحرك بالحمل الفرملى المطلوب ايجاد جودته عليه . وبواسطة وضع أثقال أو رفع الطرف الأعلى للميزان الزمبرى تثبت الرافعة فى الوضع الأفقى

فلو فرضنا أن و = عدد لفات الطنبور فى الدقيقة (ويمكن قراءتها بواسطة عدداد السرعة) و س = مقدار الشد بالرطل ضد حركة دوران الطنبور = قراءة الميزان + الاتقال و ل = المسافة بالقدم التى بين المحور المار بمركز طنبور المحرك والمحور المار بمركز منتصف الميزان الزمبرى

فسرعة المحرك بالقدم فى الدقيقة = ٢ ط ل و (باعتبار نصف قطر الدوران

= ل قدم)

والقدرة الفرملية للمحرك على الحمل الفرملى الموجود بالأحصنة

$$\frac{٢ \text{ ط ل } \times \text{ س } ٢}{٣٣٠٠٠} = ٠,٠١٩٠٤ \times \text{ ل } \times \text{ س } \times \text{ س } ٢$$

فإذا فرضنا أن ص فلت = الضغط على طرفى الفرش المحرك س أمبير
= شدة التيار الكلية

$$\frac{\text{ص} \times \text{س}}{٧٤٦} = \text{فدخل المحرك بالأحصنة}$$

$$\therefore \frac{٠,٠١٩٠٤ \times \text{ ل } \times \text{ س } \times \text{ س } ٢ \times ٧٤٦}{١٠٠ \times \text{ ص } \times \text{ س}} = \text{الجودة التجارية}$$

.....

الفصل الثالث

الطريقة المباشرة (طريقة Swinburn) في إيجاد جودة دينامو

بند ١٢٢ — سميت هذه الطريقة في إيجاد الجودة التجارية للدينامو بالطريقة المباشرة لاننا لا نحتاج في تعيين دخل الدينامو الميكانيكي الى معرفة خرج الآلة الميكانيكية اللازم لتحريك الدينامو (وهو المساوى لدخل الدينامو) بالطرق الميكانيكية المعروفة. بل أننا نستعمل في هذه التجربة الطرق الكهربائية المحضنة. وبيان ذلك هو كالاتي:

(١) تعيين خرج الدينامو المراد معرفة جودته التجارية. وذلك بإدارة الدينامو الى أن تصل سرعته للسرعة القانونية المرقومة عليه: ثم نحمله بالحمل المطلوب. وبواسطة فلتومتر وأمبيرومتر نقرأ الضغط V على طرفي الحمل وشدة تيار الحمل I

فالخرج = $V I$ وات

(٢) إيجاد مقاومة لفات التوليد M مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها

الفرش M_f

فالشدة المنصرفة في لفات التوليد (على فرض أن الدينامو من نوع التوازي)

$$\frac{V}{M}$$

والشدة الكلية أي الخارجة من الفرش الموجبة = $V + \frac{V}{M}$

$$\frac{V^2}{M} = \text{والقدرة المنصرفة في لفات التوازي}$$

والقدرة المنصرفة في الفرش واسلاك الاستنتاج

$$= \left(\frac{v}{m} + s \right) \times m$$

إذا القدرة الكلية المنصرفة في النحاس

$$= \frac{v^2}{m} + m \times \left(\frac{v}{m} + s \right)$$

إيجاد مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي

بند ١٢٣ — بما أن مفقود القصور المغناطيسي يتناسب مع التدفق المغناطيسي \times السرعة (بند ٣٤)

٦ مفقود التيارات الاعصارية يتناسب مع التدفق المغناطيسي \times مربع السرعة (بند ٤٨)

٦ المفقود الميكانيكي معروف أنه يتناسب مع السرعة

إذا لو أدركنا الدينامو السابق كمحرك غير محمل فدخل هذا المحرك (وهو المستمد من ينبوع كهربائي) عبارة عن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي ومفقود النحاس فقط (لأن القدرة الفرملية أو المنتفع بها = صفراً حيث المحرك غير محمل) وبما أن مفقود القدرة في الفرش واسلاك الاستنتاج يمكن إهماله في المحركات الغير محملة (بند ١٠١)

إذا يمكن اعتبار دخل أي محرك غير محمل مفقوداً في الحديد والمفقود الميكانيكي فعلى هذا الاعتبار إذا أدركنا الدينامو كمحرك كما قلنا بحيث أن سرعته والتدفق المغناطيسي المتشعب من أقطابه والقوة الدافعة المتولدة فيه (أي الرجعية) تساوى سرعته وتدفقه المغناطيسي وقوته الدافعة المتولدة فيه عند ما كان دائراً كدينامو

فدخل هذا المحرك بهذه الشروط = مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي له وهو دينامو

ولأجل تنفيذ هذه الشروط تتبع الطرق الآتية : —

أولاً — نجعل الضغط على الفرش بواسطة المقاومة م_١ شكل (١٤١) = القوة الدافعة له وهو دينامو ص_١ مثلاً . أى التى يقرأها الفلتمتر على طرفى الفرش ودائرة حمل الدينامو مفتوحة . وبما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية ص_١ (بند ١٠١)

إذا ص_١ (فى الدينامو) = الضغط على الفرش وهو محرك غير محمل ص_١ ثانياً — ننظم سرعة المحرك بواسطة المقاومة م_٢ (شكل ١٤١) حتى تساوى سرعته القانونية وهو دينامو

وبما أن السرعة و (لأى دينامو أو محرك) = $\frac{\text{القوة الدافعة}}{\text{التدفق المغناطيسى}} \times \frac{1}{\text{بند ١٠١}}$

إذا بتنفيذ الشرط الأول والثانى فالتدفق المغناطيسى يتساوى فى الحالتين

إذا دخل المحرك = مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي وهو دينامو

فلو فرضنا س_١ = شدة التيار الداخلة فى المحرك بالشروط السابقة

فمفقود الحديد والمفقود الميكانيكي للدينامو = ص_١ × س_١ وات

وبإضافة هذه المفايد على مفايد النحاس فى الدينامو ينتج لنا أن جميع

$$\frac{V^2}{M} + M \times \left(\frac{V}{M} + S \right) + S \times V = \text{المفايد}$$

وبما أن خرج الدينامو الكهربائى المعمول عليه التجربة = ص_١ س_١ وات

إذا دخل الدينامو الميكانيكي

$$= \frac{V^2}{M} + M \times \left(\frac{V}{M} + S \right) + S \times V + V \times S$$

والجودة التجارية

$$= \frac{100 \times \left(\frac{1}{2} + 2 \left(\frac{1}{2} + 3 \right) + 3 \times 1 + 3 \right)}{100}$$

مثال ذلك — عند عمل تجربة لايجاد جودة دينامو توازى بالطريقة المباشرة

أخذت المقادير الآتية على أقصى حمل

أقصى حمل = ٢٠ أمبير و الضغط على الفرش = ١٥٠ فلت و مقاومة

لفات الاستنتاج وهى ساخنة = ٠,١٨ أوهم و مقاومة لفات التوازى = ٩٥

أوهم و السرعة = ١٤٥٠

$$\text{مفقود الضغط فى عضو الاستنتاج} = (20 + \frac{10}{9}) \times 0,18$$

$$= 3,9 \times 0,18 = 0,702 \text{ فلت}$$

القوة الدافعة المتولدة فى الدينامو = ١٥٠ + ٣,٩ = ١٥٣,٩ فولت

شدة التيار الكهر باءى اللازمة للدينامو لادارته كمحرك غير حمل ضغطه

المغذى عبارة عن ١٥٣,٩ فلت = ٠,٧٥٤ أمبير

∴ مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = دخل المحرك وهو غير محمل

$$= 0,702 \times 153,9 = 108 \text{ وات}$$

مفقود النحاس فى عضو الاستنتاج = $0,18 \times (21,09)^2 = 84,8$ وات

مفقود لفات التوازى = $100 \times 1,09 = 238,5$ وات

$$\left(\frac{100 \text{ فلت}}{95 \text{ أوهم}} = 1,09 \right)$$

∴ المفقود الكلى = $108 + 84,8 + 238,5 = 431,3$ وات

∴ القدرة البىانية للدينامو = $(20 \times 100) + 431,3 = 3439,3$ وات

$$\therefore \text{الجودة التجارية} = \frac{20 \times 100}{3439,3} \times 100 = 58,2\%$$

الفصل الرابع

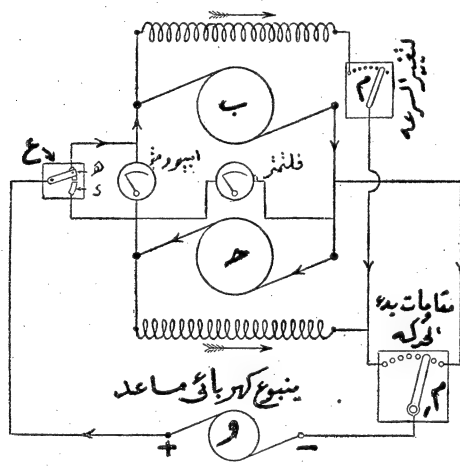
طريقة (Hopkinson) في إيجاد الجودة التجارية في الديناموات

بند ١٢٤ — هذه التجربة لايجاد جودة دينامو هي أنسب الطرق المستعملة في ديناموات خرجها لا يقل عن ٢٠ كيلووات . غير أنها تحتاج لديناموين متماثلين في التصميم من جميع الوجوه وطريقة العمل هي : —

أولاً — تثبت طنبروري الديناموين ببعضهما ليدورا على محور واحد

ثانياً — فصلهما كهربائياً بالتوازي ببعضهما

ثالثاً — فصل المجموعة بينوع كهربائى ليدورا كمحركين كما هو مبين (بشكل ١٦٩) وبواسطة المقاومة المنظمة المتصلة بالتوالى مع لفات عضو توليد أحدهما ب مثلاً (على فرض أن الآلتين من نوع



(شكل ١٦٩)

التوازي) نضعف مغناطيسية هذا الأخير فترتفع سرعته وبالتالي ترتفع سرعة المحرك الثانى ح مثلاً . فزيد القوة الدافعة الرجعية لهذا الأخير عن الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى فيعطى تياراً كهربائياً للمحرك ب . أى يدور كدينامو ولو فرضنا أن الآلتين خاليتان من المفايد كلية لأنه يمكن أن يستمد المحرك ب طاقته الكهربائية من الدينامو ح وأن يستمد الدينامو ح طاقته الميكانيكية من المحرك ب . وفي هذه الحالة تكون القدرة الكهربائية المستمدة من الينبوع

الكهربائي المساعد تساوى صفراً

ولكن ذلك غير ممكن بالمرّة لأنه لا بد من وجود مفاقيد في كلتا الآليتين .
والقدرة الكهربائية الخارجة من ينبوع تساوى هذه المفاقيد . فلو فرضنا أن
صه فلت = الضغط الكهربائي على طرفي الآليتين وهو ما يقرأه الفلتمتر المبين
بالشكل ٦ س أمبير = شدة التيار الكهربائي الخارج من الدينامو ح وهي ما
يقرأها الأمبير ومتر المبين عند ما يلامس ذراع الجهاز ع القوس النحاسي هـ
الموصل لطرف المحرك . ٦ س أمبير = شدة التيار الكلية (أى المستمدة
من ينبوع الكهرباء . و . ومن الدينامو ح لادارة المحرك ب) وهي ما يقرأها
الأمبير ومتر عند ما يلامس ذراع الجهاز ع للقوس النحاسي و

فدخل المحرك = س_١ صه وات

ودخل الدينامو = خرج المحرك الميكانيكي = س_١ ص × جودة المحرك
ولكن خرج الدينامو = دخله × جودته

= (س_١ صه × جودة المحرك) × جودة الدينامو = س_١ صه

إذا جودة المحرك × جودة الدينامو = $\frac{س}{س_١}$ = شدة التيار الخارجة من الدينامو ح
شدة التيار الداخلة في المحرك

وبما أنه مفروض أن الآليتين متماثلتان أى أنهما متساويتان في الجودة

إذا جودة كل منهما = $\frac{س}{س_١}$

ومن مميزات هذه الطريقة أنه يمكن اجراؤها بدون اسراف . لأن القدرة
المستمدة من ينبوع = مفاقيد الآليتين فقط وعلى ذلك تكون بسيطة مهما
كان الحمل المحمل به الآليتين

ولكن من نقائصها أن اضعاف مغناطيسية أقطاب أحد الآليتين (وهو
ما لا بد منه كما شرحنا سابقاً) يضعف من مفاقيده الحديدية عن الآخر

الفصل الخامس

إيجاد مفقود الحزب والمفقود الميكانيكي في دينامو وتجليه

بند ١٢٥ — التجارب الآتية يمكن بها معرفة وفصل مفايد الديناموات
(١) عشق الدينامو المراد معرفة مفايد الحديد والمفقود الميكانيكي فيه
بمحرك. ثم أدر الدينامو بواسطة محرك بحيث أن سرعته = السرعة المراد
معرفة المفايد عليها شكل (١٥٠)

(٢) أوجد دخل المحرك (١) عند ما تكون دائرة عضو توليد الدينامو
مفتوحة. وليكن V (ب) عند ما تكون دائرة عضو توليد الدينامو
مقفولة ولتكن V'

(٣) افصل الدينامو عن المحرك ثم وصل الأخير بالينبوع الكهربائي
بنفس السرعة وبنفس الضغط وليكن الدخل = V''

ملحوظة: يجب أن تنظم السرعة في جميع الحالات بحيث تكون ثابتة
ومساوية للسرعة المطلوبة. فدخل المحرك V = مفايد المحرك + مفايد
الدينامو. وبما أن دائرة عضو التوليد مفتوحة

∴ مفايد الدينامو = المفقود الميكانيكي فقط

6 V'' = مفايد المحرك فقط

∴ $V - V''$ = المفقود الميكانيكي للدينامو

6 V'' = مفايد المحرك + مفايد الدينامو. وبما أن دائرة عضو
التوليد مقفولة

∴ مفايد الدينامو في هذه الحالة = المفقود الميكانيكي ومفقود الحديد

∴ $V - V''$ = المفقود الميكانيكي ومفقود الحديد

∴ (ص س - ص س) - (ص س - ص س) = مفايد

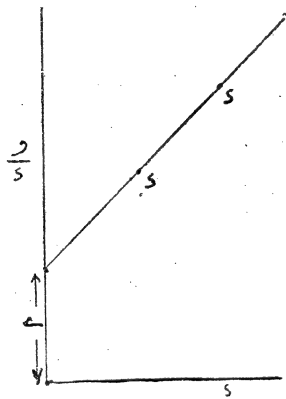
الحديد = مفقود القصور المغناطيسي + مفقود التيارات الاعصارية = «و» مثلاً
ولكن الاول يتناسب مع السرعة × المغناطيسية. والثاني مع السرعة^٢

× المغناطيسية. وبما أن المغناطيسية ثابتة في الحالتين

∴ و = و × و + و^٢ × و بغرض أن و و و أعداد ثابتة و

= السرعة. أي أن $\frac{و}{و} = و + و$

ولفصل المفقودين نرسم منحنيّين $\frac{و}{و}$ و و. ويكفي أخيراً نتيجتين للسرعة



(شكل ١٧٠)

وما يقابلها من المفقودين و. فإذا مددنا المنحنى على استقامته (شكل ١٧٠) فتقاطعه مع السينات الرأسى يعين لنا و أى مفقود القصور المغناطيسى على سرعة دورة واحدة في الثانية

∴ المفقود على و دورات في الثانية = و

وبذلك يمكن فصل المفقودين عن بعضهما

امثلة محلولة على الباب الثامن

(١) عند عمل تجربة Hopkinson على ديناموين متماثلين لمعرفة جودة

كل منهما لاحظنا أن التيار الكهربائى الداخلى فى المحرك = ٢٥ أمبير والتيار

الكهربائى الخارج من الدينامو = ١٦ أمبير فما هى جودة كل منهما

الحل :-

$$\text{جودة كل منهما} = \frac{\text{التيار الكهربائى الخارج من الدينامو}}{\text{التيار الكهربائى الداخلى فى المحرك}} = \frac{١٦}{٢٥} = ٨٠\%$$

(٢) في المسألة السابقة أوجد المفايد الكلية في كل من الآتين اذا كان الضغط الكهربائي على طرفيهما = ١٠٠ فلت

الحل :-

المفايد الكلية في الآتين = القدرة المستمدة من الينبوع الكهربائي المساعد الموصل لطرفيهما

وشدة التيار الكهربائي المستمد من الينبوع = شدة التيار الداخلة في المحرك

— شدة التيار الخارجة من الدينامو = ٢٥ - ١٦ = ٩ أمبير

إذا المفايد في الآتين = ١٠٠ فلت \times ٩ أمبير = ٩٠٠ وات . وفي كل

$$\text{منهما} = \frac{٩٠٠}{٢} = ٤٥٠ \text{ وات}$$

(٣) عند عمل تجربة على دينامو مركب قصير لايجاد جودته بطريقة

(swinburn) لوحظت المقادير الآتية :-

السرعة القانونية للدينامو = ١٤٥٠ دورة في الدقيقة

مقاومة لفات الاستنتاج = ١٨^و

» لفات التوالى = ٢٠٧^و

» التوازي = ٩٥^و

شدة التيار الكهربائي على أقصى حمل = ٢٠ أمبير (وهي المرقومة على الدينامو)

والضغط على طرفي الحمل = ١٥٠ فلت (وهو المرقوم » »)

وقد قدرت مفايد النحاس من هذه المقادير كالآتي :-

بما أن الدينامو مركب قصير فشدة التيار في لفات التوالى = شدة تيار

الحمل = ٢٠ أمبير

إذا مفقود القدرة في لفات التوالى = ٢٠^و \times ٢٠٧^و = ٢٨ وات

والضغط المنصرف في لفات التوالى = ٢٠^و \times ٢٠٧^و = ١,٤ فلت

إذا الضغط على طرفي الفرش = ١٥٠ + ١,٤ = ١٥١,٤ فلت

$$\text{وشدة التيار في لفات التوازي} = \frac{101,4}{90} = 1,09 \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا شدة التيار في لفات الاستنتاج} = 20 + 1,09 = 21,09 \text{ أمبير}$$

$$\text{والضغط المنصرف في الفرش وأسلاك الاستنتاج} = 21,09 \times 18 =$$

$$379 \text{ فلت}$$

$$\text{إذا مفقود القدرة في لفات الاستنتاج بما فيها الفرش} = 21,09 \times 18 =$$

$$48,8 \text{ وات}$$

$$\text{ومفقود القدرة في لفات التوازي} = 1,09 \times 101,4 = 242 \text{ وات}$$

$$\text{والقوة الدافعة المتولدة في الدينامو} = 101,4 + 379 = 140,3 \text{ فلت}$$

ايجاد باقي المفاقيد

أدرنا الدينامو كمحرك بحيث أن الضغط على الفرش المستمد من الينبوع

$$= \text{القوة الدافعة له وهو دينامو} = 140,3 \text{ فلت. ثم نظمنا السرعة الى } 1400$$

دورة في الدقيقة

$$\text{فوجدنا أن شدة التيار الكهر بأى الداخلة في المحرك} = 1,8 \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا مفاقيد الدينامو الميكانيكية والحديدية} = 140,3 \times 1,8 = 252,2 \text{ وات}$$

$$\text{وبما أن مفاقيد النحاس} = 242 \text{ وات} + 48,8 \text{ وات} + 28 \text{ وات}$$

$$= 318,8 \text{ وات}$$

$$\text{إذا جميع المفاقيد} = 252,2 \text{ وات} + 318,8 \text{ وات} = 443 \text{ وات}$$

$$\text{وبما أن خرج الدينامو} = 20 \text{ أمبير} \times 150 \text{ فلت} = 3000 \text{ وات}$$

$$\text{إذا دخل الدينامو الميكانيكى} = 3000 + 443 = 3443 \text{ وات}$$

$$\text{ودخله الكهر بأى} = 3000 + 318,8 = 3318,8 \text{ وات}$$

$$\text{إذا الجودة التجارية} = 100 \times \frac{3000}{3443} = 87\%$$

$$\text{والجودة الكهربائية} = 100 \times \frac{3000}{3318,8} = 90\%$$

(٤) اذا كان طول أحد ذراعى فرملة برونى محسوباً بين مركز طنبور المحرك. ومركز الاثقال = ٦٠ سنتيمتر وكان مقدار المقاومة ضد حركة طنبور المحرك = ١٠٠٠ جرام (وهو مجموع قراءة الميزان الزنبركى + الاثقال) وكان الضغط الكهربائى على طرفى المحرك = ١٠٠ فلت وشدة التيار على هذا الحمل الفرملى = ١٥ أمبير. فما هى جودة المحرك التجارية اذا كان عدد الدورات ٢٠٠٠ فى الدقيقة الحل :

$$\text{خرج المحرك الفرملى} = ٢ ط \times \frac{٢٠٠٠}{٦٠} \text{ دورة} \times \frac{٦٠ \text{ سنتيمتر}}{١٠٠}$$

$$\times \frac{١٠٠٠ \text{ جرام}}{١٠٠٠} = \frac{١٢٥,٧}{٧٦} \text{ كيلو جرام متر فى الثانية} = \frac{١٢٥,٧}{٧٦} \text{ حصان تقريباً}$$

$$\text{دخل المحرك} = \frac{١٠٠ \text{ فلت} \times ١٥ \text{ أمبير}}{٧٤٦} = ٢ \text{ حصان تقريباً}$$

$$\text{إذا الجودة} = \frac{١,٧}{٢} \times ١٠٠ = ٨٥\%$$

تمرينات على الباب الثامن

(١) دينامو مركب قصير يعطى ١٥٠٠ كيلووات على ضغط ٦٠٠ فلت. فاذا كانت مقاومة لفات استنتاجه ٤٢,٠٠ ومقاومة لفات التوالى ٢٦,٠٠٠ والضغط المنصرف فى الفرش ٢,٥ فلت. فما هى الجودة الكهربائية

(٢) فى المسألة نمرة ٣ المحلولة سابقاً أوجد الجودة التجارية والكهربائية

للدينامو اذا كان محملاً بمقدار ١/٢ الحمل

(٣) دينامو متماثلان أجريت عليهما تجربة (Hopkinson) بضغط

٢٤٠. فلت . فاذا كان التيار الكهربائى الدائريينهما = ١٠٠ أمبير والتيار المستمد من الينبوع المساعد = ٣٢,١ أمبير فما هى جودة كل منهما التجارية

(٤) دينامو من نوع التوازى يعطى ٣٠٠ كيلووات على ضغط ٥٠٠ فلت فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج ٠,١٣٦, ومقاومة لفات التوازى ٢٥٠^٣ والضغط المنصرف فى الفرش ٢ فلت . وكان التيار الكهربائى الداخلى فى هذا الدينامو — عند ادارته كمحرك غير يحمل بسرعته القانونية بحيث أن الضغط على طرفيه يساوى القوة الدافعة المتولدة فيه وهو دينامو — هو ٢٧,٨ أمبير. فما هى جودته التجارية وكذلك الكهربائية

(٥) اشرح تجربة يمكنك بواسطتها فصل مفايد الدينامو عن بعضها
(٦) محرك يراد استعماله فى قطار وزنه ١٠٠٠٠ كيلو جرام على مستوى أفقى بسرعة ٥٠ كيلومتر فى الساعة . فاذا كانت القوة اللازمة لجر القطار هى ٧ كيلو جرام لكل ١٠٠٠ كيلو جرام من الوزن الميت للقطار فما هو التيار الكهربائى اللازم اذا كان الضغط على طرفى المحرك = ٥٠٠ فلت وجودة المحرك والتعشيقات = ٧٠٪

(٧) دينامو توالى يولد ١٠٤ أمبير على ضغط ٢٢٠ فلت وسرعته ٩٦١ دورة فى الدقيقة . فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ١١٥^٣ فال المطلوب ايجاد : —

(١) سرعة هذه الآلة اذا استعملت كمحرك يصرف فيه ١٠٤ أمبير على ضغط ٢٢٠ فلت

(ب) الجودة الكهربائية لهذه الآلة كدينامو كمحرك

(ح) الضغط الكهربائى اللازم للآلة لادارتها كمحرك بسرعة ٩٦٠ لفة

فى الدقيقة بحيث أنها تأخذ ١٠٤ أمبير

البَابُ الثَّانِي

توصيل الديناموات

الفصل الأول

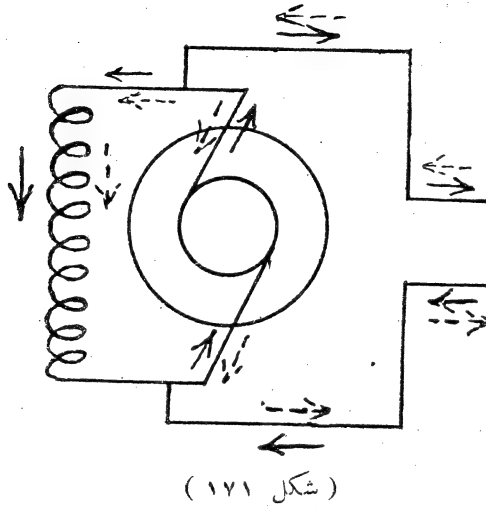
عكس التيار في الدينامو

بند ١٢٦ - اذا وصلنا دينامو بالتوازي مع آخر أو استعمل الدينامو لشحن بطارية ثانوية وهو يحمل على دوائر أخرى (الباب الحادي عشر) . فمن المحتمل أن يقل الفلت المتولد في الدينامو نسبياً عن الفلت المتولد في الدينامو الآخر المتصل بالتوازي معه أو البطارية الثانوية لهبوط سرعته لأى سبب ما . ومن الاحتمالات الجائزة في مثل هذه الحالة فيما يختص باشتراك هذا الدينامو مع الدينامو الآخر أو البطارية في الحمل الملقى عليهما (بند ٧٥) أن ينعكس التيار الكهربائي فيه وذلك اذا زاد الضغط على طرفي الحمل عن الفلت المتولد فيه (راجع الاحتمالات الثلاثة في بند ٧٥ الممكن حصولها في ينبوعين كهربائيين متصلين بالتوازي ومختلفين في القوة الدافعة المتولدة فيهما)

عكس التيار في دينامو توازي

بند ١٢٧ - شكل ١٧١ يبين اتجاه التيار الكهربائي المتولد في دينامو توازي . فلو فرضنا أن التيار الكهربائي انعكس فانعكاسه يكون قاصراً على الفرش وأسلاك الاستنتاج . أما في لفات عضو التوليد فاتجاه التيار الكهربائي لا يتأثر (كما هو مبين بالأسهم المنقطعة) وبالتالي لا ينعكس اتجاه خطوط التدفق

المغناطيسى . وبما أن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع التدفق المغناطيسى والسرعة . وهذان العاملان لم يتغير اتجاه أحدهما عما كان قبل انعكاس التيار الكهربائى .



فالنسبة أن القوة الدافعة المتولدة لم يتأثر اتجاهها وعلى ذلك فالدينامو يدور كمحرك حيث تصبح القوة الدافعة المتولدة رجعية والعزم الرجعى عزم دوران (لأن أحد العاملين — وهو تيار الاستنتاج — المتوقف عليهما العزم) وهما تيار الاستنتاج والتدفق المغناطيسى (قد تغير اتجاهه) .

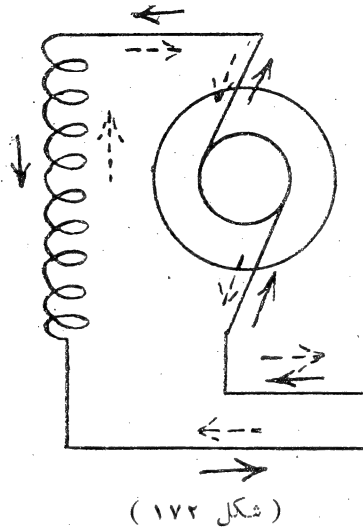
عكس التيار فى دينامو التوالى

بند ١٢٨ — أما اذا كان الدينامو توالى فعكس التيار الكهربائى يؤدى الى عكسه فى الفرش وأسلاك الاستنتاج وكذلك فى لفات عضو التوليد (شكل ١٧٢) فالقوة الدافعة المتولدة ينعكس اتجاهها وتصير فى اتجاه الضغط الكهربائى المسبب لذلك . فالتيار الكهربائى فى هذه الحالة

الضغط المسبب للعكس + القوة الدافعة المتولدة =

مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج ولفات التوليد

وبما أن هذه المقاومات (الفرش والاستنتاج والتوليد) بسيطة جداً . فالتيار الكهربائى سيندفع بشدة كبيرة تكون خطرة على الدينامو فضلاً عن خطورتها على الدينامو أو البطارية المسببة لهذا الانعكاس ولتوضيح ذلك نفرض أن الدينامو يتصل ببطارية ثانوية أو دينامو آخر



(بالتوازي) . وكان الضغط على الحمل
المحملة به المجموعة ١٠٥ فلت وكانت
القوة الدافعة للدينامو ٩٥ فلت
ومقاومة لفات التوالى والفرش وأسلاك
الاستنتاج ١

$$\begin{aligned} & \text{فالتيار الكهربائى المنعكس} \\ & \frac{105 \text{ فلت} + 95 \text{ فلت}}{1} = \\ & = 2000 \text{ أمبير} \end{aligned}$$

عكس التيار فى دينامو مركب

بند ١٢٩ — اذا انعكس التيار الكهربائى فى الدينامو المركب بنوعيه
فالتيار الكهربائى ينعكس فى لفات عضو التوليد التوالى ولكنه لا ينعكس فى
لفات التوازي كما هو الحال فى دينامو التوازي (بند ١٢٦) . فالتدفق المغناطيسى
الناتج عن لفات التوالى يعاكس التدفق الناتج عن لفات التوازي فتقل محصلة
المغناطيسيتين ويزيد هبوط القوة الدافعة المتولدة فيه وبالتالى يزيد التيار
الكهربائى العكسى وهكذا الى أن تتلاشى مغناطيسية لفات التوازي فيندفع
التيار العكسى أمام مقاومة لفات التوالى ومقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج
فيستولد تدفق مغناطيسى فى الاقطاب عكس الاول وعليه تنعكس القوة الدافعة
المتولدة وقد ذكرنا الخطر الذى يحصل من ذلك فى دينامو التوالى (بند ١٢٨)
اذ لا يصلح مطلقاً دينامو التوالى أو المركب بنوعيه فى شحن البطاريات
الثانوية (الباب الحادى عشر)

والنوع الوحيد الذى يصلح لذلك هو دينامو التوازي

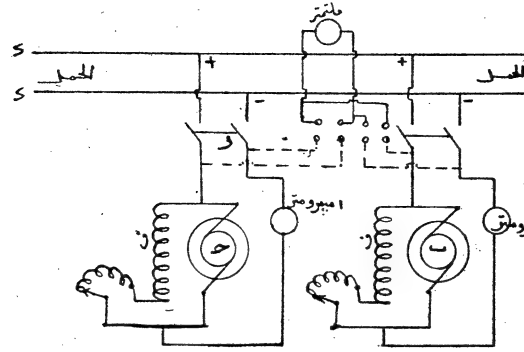
الفصل الثاني

اشتراك الديناموات في الاحمال

بند ١٣٠ — يفضل دائماً أن تشترك في الاحمال ديناموات متعددة متصلة بالتوازي ببعضها عن أن يقوم بها دينامو واحد سعته بمقدار مجموع هذه الديناموات والسبب في ذلك راجع الى أن جودة الدينامو تتناسب مع الحمل المحمل به أى أنها تبلغ أقصاها على أقصى حمل . فاذا كان أقصى حمل تقوم به محطة كهربائية هو ٢٠٠ أمبير مثلاً فيفضل دائماً أن نصل دينامويين كل منهما يعطى ١٠٠ أمبير بالتوازي ببعضهما عن أن نأخذ دينامو واحد يعطى هذا القدر (٢٠٠ أمبير) لأنه اذا هبط الحمل الى ١٠٠ أمبير أو ما يقرب من ذلك أمكننا أن نحذف أحد الدينامويين الموصلين فيقوم الثانى بهذا الحمل (وهو أقصى ما يتحمله أو قريب منه) وعلى ذلك فالجودة تصبح أقصى ما يمكن

ديناموات من النوع التوازي

بند ١٣١ — لو فرض ان أحد الدينامويين المتصلين بالتوازي من هذا النوع قلت سرعته لأى سبب من الاسباب فقد برهنا في بند ١٢٦ أن ذلك لا يؤثر على القوة الدافعة المتولدة فيه من حيث الاتجاه وإن العزم الرجعى يصبح عزم دوران . أى فى اتجاه الحركة . وهذا التأثير الأخير يساعد على ارتفاع سرعته الى ان يتساوى الفلت المتولد مع الدينامو الآخر فيشتركان فى الحمل بالتساوى . أى ان تنظم الفلت بينهما او توماتيكى وشكل (١٧٣) يبين كيفية توصيل ديناموين (أو أكثر) من هذا النوع بالتوازي ببعضهما . وعادة يستعمل فلت متر واحد

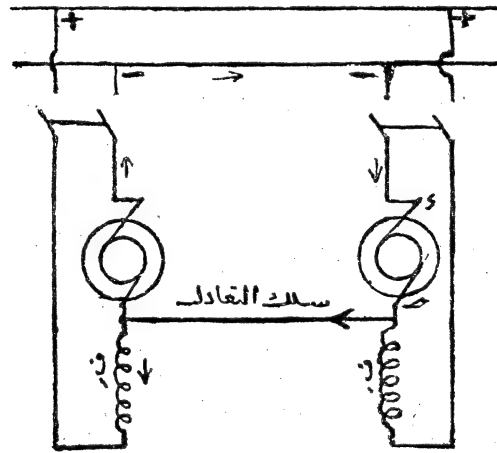


(شكل ١٧٣)

لقراءة الضغط على طرفي كل من الدينامومات على حدة وذلك باستعمال جهاز ذى أربعة شعب نحاسية لتوصيل الفلتمتر على طرفي أى دينامو من الدينامومات كما هو مبين بالشكل ١٧٣

دينامومات من نوع التوالى

بند ١٣٢ — دينامومات التوالى عند توصيلها بالتوازي مع بعضها يجب أن يوضع سلك يسمى سلك التعادل ذو سطح قطاع كبير حتى يكون خال من المقاومة . أحد طرفيه يوصل بين الفرشة وطرف لفات التوالى للدينامو الاول . والطرف الثانى يوصل بين الفرشة وطرف لفات التوالى للدينامو الثانى (شكل



(شكل ١٧٤)

و بدون استعمال هذا السلك يكون الخطر عظيماً على الدينامومات التى من هذا النوع . فقد برهنا فى بند ١٢٨ أنه اذا قلت سرعة أحدهما أثناء الشغل فالثانى ربما يعطى تيار (عكسياً) للاول لهبوط

القوة الدافعة لهذا الأخير نتيجة هبوط سرعته . ويتسبب عن هذا الانعكاس فى

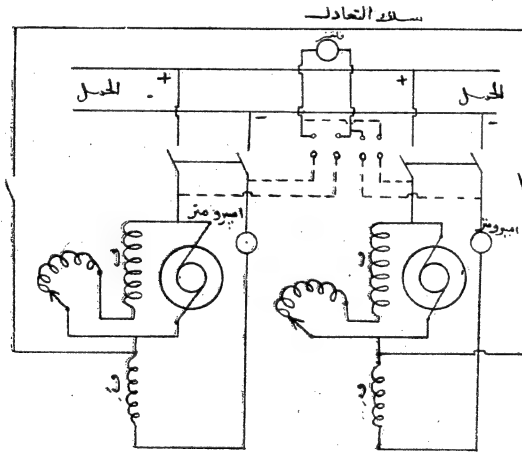
التيار عكس التدفق المغناطيسى حول لفات التوالى وقد وضعنا خطر ذلك في

بند ١٢٨

أما بعد توصيل سلك التعادل فالتيار المنعكس يسير من الفرشة الموجبة حـ مثلاً للدينامو ذى الضغط العالى الى الدينامو الاخر عن طريق سلك التعادل ويرجع للفرشة السالبة و مثلاً للدينامو الاول عن طريق لفات الاستنتاج ولفات التوالى للدينامو الثانى فلا ينعكس التيار فى لفات التوالى لهذا الدينامو فالعزم الذى كان رجعياً فى الدينامو الثانى يصبح عزم دوران (أى يدور كمحرك) فترتفع سرعته كما هو الحال فى ديناموات التوازى وتوصيلة هذا النوع بالتوازى غير مستعملة وانما ذكرناها لأن التأثير الحاصل بينها هو نفس ما يحصل فى الديناموات المركبة الموصلة بالتوازى

توصيل الديناموات المركبة بالتوازى

بند ١٢٣ — شكل ١٧٥ عبارة عن ديناموين مركبين متصلين بالتوازى



شكل (١٧٥)

وبما أن التأثير الذى يحدث من عكس التيار فى أحدهما هو نفس التأثير الحاصل من انعكاس التيار فى دينامو التوالى (بند ١٢٩) اذاً يجب توصيل سلك تعادل بينهما بنفس الوضع الذى يوصل فيه فى الديناموات التى من نوع التوالى كما هو مبين بالشكل

الشروط التي يجب اتباعها عند وصل أو فصل دينامو عن ديناموات أخرى محمد

بند ١٣٤ — يجب اتباع الشروط الآتية عند توصيل دينامو ليشارك في الحمل مع ديناموات أخرى أثناء تحميل هذه الأخيرة : —

(١) يجب إدارة الدينامو حـ مثلاً المراد توصيله إلى أن يصل إلى سرعته القانونية (شكل ١٧٣)

(٢) ينظم الفلت المتولد منه إلى أن تتعدى قراءة الفلتمتر الموصل على طرفي الدينامو المحمل (ب) أي الضغط بين السلكين الرئيسيين و

(٣) بعد ذلك يقفل مفتاح الدينامو (و) فيشارك هذا الدينامو مع الديناموات الأخرى

(٤) إذا كانت الديناموات من النوع المركب يجب قفل مفتاح سلك التعادل بعد استيفاء الشرطين الأول والثاني ثم يعاد تنظيم الفلت كالشرط الثاني وفصل أحد الديناموات عن السلكين الرئيسيين يجب : —

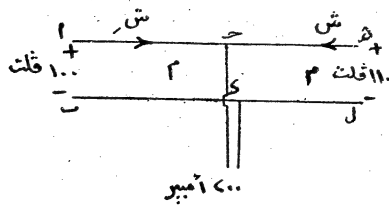
(١) تنقيص الفلت على طرفيه (بواسطة المقاومة المنظمة في لفات عضو التوليد) إلى أن يصير التيار الكهربائي المأخوذ منه صفراً ثم يفصل الدينامو عن السلكين الرئيسيين بواسطة المفتاح المعد لذلك

(٢) إذا كان الدينامو من النوع المركب لا يفتح مفتاح سلك التعادل إلا بعد استيفاء الشرط السابق

مثال ذلك

(١) ينبوعان كهربائيان . ضغط طرفي أحدهما ه ٦ ل = ١١٠ فلت والآخر ا ٦ ب = ١٠٠ فلت ومتصلان كما هو موضح بشكل ١٧٦ . فإذا كان الحمل المأخوذ من منتصف سلكي التوصيلة ح ٦ ز = ٢٠٠ أمبير فما هي شدة

التيار المستمدة من كل من الينبوعين بفرض أن مقاومة السلكين بين ه ل و



(شكل ١٧٦)

$$I_2 = 2$$

الحل . —

نفرض أن $I =$ شدة التيار

المستمدة من الينبوع ١١٠ فلت ٦

$I_1 =$ شدة التيار من الينبوع ١٠٠ فلت

وبما أن الحمل مأخوذ من منتصف المسافة بين الينبوعين

إذا المقاومة بين ا ب ٦ ح و = المقاومة بين ه ل ٦ ح و

$$I_2 = \frac{I_1}{2} =$$

الضغط على طرفي ح و ٦ الناتج عن الينبوع ١٠٠ فلت =

$$100 - I_1 \times I_2 \text{ والناتج عن الينبوع } 110 \text{ فلت} = 110 - I_1 \times I_2$$

وهذان الضغطان يجب أن يكونا متساويين ليشترك الينبوعان في الحمل

بالشدة I_1 الشدة I_2

$$100 - I_1 \times I_2 = 110 - I_1 \times I_2$$

$$\therefore 10 \text{ فلت} = I_2 (I_1 - I_2)$$

$$\therefore I_1 - I_2 = 100$$

$$\text{ولكن } I_1 + I_2 = 200$$

ومن هذين المعادلتين ينتج لنا أن $I_1 = 150$ أمبير ٦ $I_2 = 50$ أمبير

نلاحظ أن $\frac{1}{2}$ الحمل (أ ب ١٥٠ أمبير) ملقى على عاتق الينبوع ١١٠ فلت

والثلث الباقي على عاتق الينبوع ١٠٠ فلت

تمرينات على الباب التاسع

- (١) ما هو أنسب نوع من أنواع الديناموات لشحن البطاريات الثانوية وما السبب في عدم استعمال نوع التوالى في هذا الغرض
- (٢) ما هو سلك التعادل وفي أى الدوائر الكهربية يستعمل وما السبب في استعماله
- (٣) ما هى الشروط التى يجب اتباعها عند فصل أو وصل دينامو مركب للديناموات الأخرى المتصلة بالتوازي معه أثناء الشغل
- (٤) الحمل المحمل به دينامو متصلان بالتوازي ببعضهما ١٦٠ أمبير فإذا لوحظ أن الضغط على طرفي الدينامو الاول ٢٢٠ فلت وعلى طرفي الدينامو الثانى ٢١٨ فلت فالمطلوب إيجاد نصيب كل منهما في توزيع الحمل (١٦٠ أمبير) مع العلم أن مقاومة الاسلاك بين طرفي الحمل والدينامو الاول $\frac{1}{3}$ المقاومة بين طرفي الحمل والدينامو الثانى
-

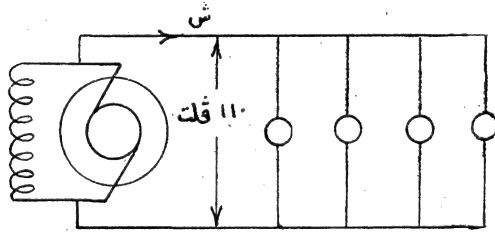
الباب العاشر

التوزيع بثلاثة أسلاك

الفصل الأول

مراعاة الاقتصاد

بند ١٣٤ - من المعلوم أن أول ما تتجه إليه أنظار المهندس عند تصميم محطة كهربائية هو الاقتصاد التام مع عدم الإخلال بالشغل . وبما أن مفقود القدرة في الأسلاك يتوقف على شدة التيار المار في السلك بغض النظر عن القوة الدافعة للمحطة الكهربائية لأن مفقود القدرة في الأسلاك المار فيها ٢٠ أمبير مثلاً يساوى أربعة أمثال مفقود القدرة في نفس الأسلاك إذا كانت شدة التيار ١٠ أمبير (س ٢ × م).

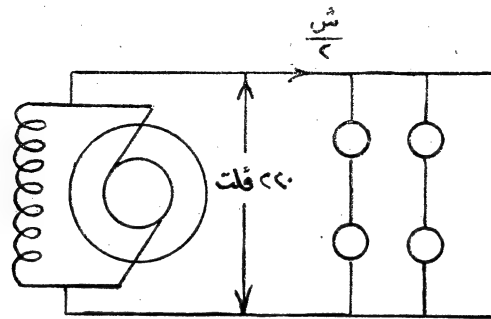


(شكل ١٧٧)

ولهذا السبب اخترعت التوصيلة بثلاثة أسلاك للتيار المستمر. فلو فرضنا أن ضغط الدينامو المبين في شكل ١٧٧ = ١١٠ فلت ومتصل بأربعة

مصابيح الضغط اللازم لكل منها ١١٠ فلت . أى متصلة بالتوازي كما هو مبين . فإذا كانت شدة التيار اللازمة لكل مصباح ٢٥ أمبير . فالتيار الكهربائي في الأسلاك الموصلة للمصابيح = ٢٥ × ٤ = ١٠ أمبير ولكن إذا استعملنا دينامو ضغطه ضعف الأول أى ٢٢٠ فلت ووصلناه

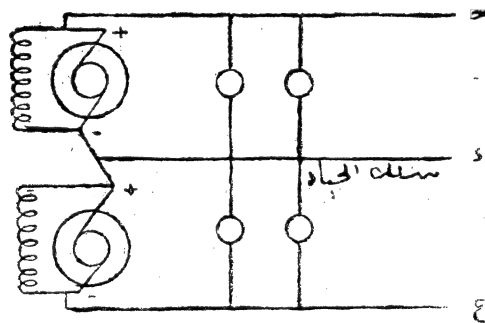
مكان الدينامو في شكل ١٧٧ . فالمصاييح يجب أن توصل كل اثنين منها بالتوالي كما في شكل ١٧٨ . وعلى ذلك فالتيار الكهربائي في الاسلاك الموصلة للمصباح =



(شكل ١٧٨)

$\frac{1}{2}$ أمبير أى نصف التيار في الحالة الأولى وبالتالى يقل مفقود القدرة في الحالة الثانية بمقدار الثلاثة أرباع عنه في الحالة الأولى أى ٧٥ ٪ ولكن في هذه التوصيلة (٢٢٠ فلت) نلاحظ

أن كل مصباحين مقيدان ببعضهما . لذلك اخترعت طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك فبواسطة هذه الطريقة يمكن توصيل كل مصباحين بالتوالي مع عدم تقييد اضاءة الواحد بالآخر كما في شكل ١٧٩ وهو عبارة عن دينامويين القوة الدافعة لكل



(شكل ١٧٩)

منهما تساوى الضغط اللازم للاحمال (١١٠ فلت مثلاً) ومتصلان بالتوالي ببعضهما . فالضغط على طرفيهما يساوى ضعف الضغط اللازم للاحمال (٢٢٠ فلت مثلاً)

ومتفرع منهما ثلاثة أسلاك ح و ٦ و ع والحمل أو المصاييح موصلة كما

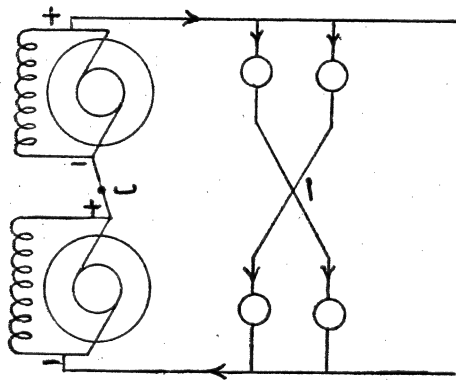
في الشكل

الفصل الثاني

تأثير اختلاف الأحمال على السالكين الخارجيين

بند ١٣٥ — نلاحظ في هذه التوصيلة أن تغيير الحمل بين السلك الأعلى (أى الموجب) ح. والأوسط . و لا يؤثر على الحمل بين السلك الأوسط و الأسفل (أى السالب) ع. لأن فرق الجملين (أوفرقتى التيار اللازمة لكل منهما) يمر عن طريق السلك الأوسط المسمى بسلك الحياد وللهذه على ذلك نفرض : —

أولا — أن الحملين متساويان والشكل ١٨٠ يبين ذلك وقد حذف منه سلك الحياد



(شكل ١٨٠)

فلو فرضنا في هذه التوصيلة أن م = مقاومة المصباح الواحد و م_١ المقاومة الداخلية في كل من الدينامومين و ص = القوة الدافعة المتولدة من كل منهما و س = شدة التيار المارة في مجموعتي المصابيح

فرق الجهد بين النقطتين

١ و ب الناتج عن الدينامو الأعلى = القوة الدافعة ص — (مفقود الضغط داخل الدينامو + الضغط المنصرف في المصابيح العليا)

$$= ص - س (\frac{1}{2} + م) \quad (\text{لأن مقاومة المصباحين} = \frac{1}{2})$$

واتجاه قوة الدفع الناتج عن فرق الجهد السابق هو من أ الى ب أى من الطرف الموجب للدينامو للطرف السالب

وفرق الجهد الناتج عن الدينامو الاولى بين ب ١٦

$$ص - س = (ف + م,)$$
 واتجاه قوة الدفع الناتج عن ذلك هو من

ب الى ا

وبما أن فرق الجهد في الحالة الأولى = الفرق في الحالة الثانية

إذا محصلة القوتين (الأولى والثانية) تساوى صفراً

فعلى ذلك اذا وصلنا سلك الحياذ بين ا ٦ ب فالتيار الكهربائي فيه يساوى

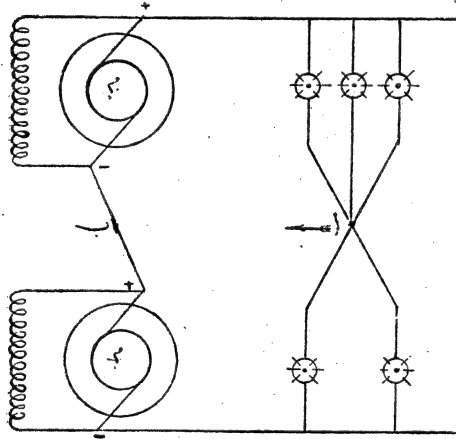
صفراً

ثانياً — أن الحملين مختلفان والشكل ١٨١ يبين الحمل الاعلى ثلاثة

مصاييح والاسفل مصباحين . فاذا فرضنا أن $س =$ شدة التيار الكهربائي في

المجموعتين . ففرق الجهد بين النقطتين ا ٦ ب الناتجة عن الدينامو الاعلى

$$ص - س = (ف + م,) . \text{ لأن مقاومة مجموعة الثلاثة مصاييح } ف =$$



واتجاه قوة الدفع الناتجة

عن ذلك هو من ا الى ب

والناتج عن الدينامو الأدنى

$$ص - س = (ف + م,)$$

واتجاه قوة الدفع الناتجة عن

ذلك هو من ب الى ا

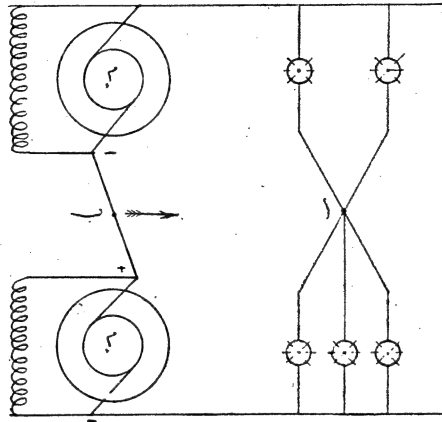
ومحصلة هاتين القوتين

$$ص - س = (ف + م,) - ص + س = (ف + م,)$$

$$= \frac{س_١ م_١}{٢} - \frac{س_٢ م_٢}{٣} = \text{فرق الضغطين المنصرفين في المجموعتين وبديهي}$$

وأن اتجاه هذه المحصلة هو كلمبين بالسهم في الشكل ١٨١ أى من ١ الى ٢
 فاذا وصلنا سلك الحياد يمر تيار كهربائي من ١ الى ٢ ناتج عن الدينامو
 الاعلى = فرق الحملين

وبالعكس يمر تيار من ٢ الى ١ ناتج عن الدينامو الادنى اذا زاد الحمل
 الادنى عن الاعلى كما في شكل



١٨٢

مثال ذلك .

ديناموان موصولان بالتوالي
 ببعضهما ومحملان بطريقة الثلاثة
 أسلاك بحملين . الحمل الاعلى
 مكون من أربعة مصابيح . الضغط
 اللازم لكل منها ١٠٠ فلت

(شكل ١٨٢)

ومقاومة كل مصباح ٢٥٠ . والحمل الادنى مكون من مصباحين من نفس النوع
 الاول . —

فاذا كان ضغط كل من الديناموين ١٠٠ فلت فالمطلوب إيجاد شدة التيار
 المارة في كل من المجموعتين والضغط المنصرف في كل منها (١) قبل توصيل
 سلك الحياد (٢) بعد توصيل سلك الحياد مع اهمال المقاومات الداخلية
 للديناموين
 الحل : —

(١) قبل توصيل سلك الحياد

$$\text{مقاومة المجموعة العليا} = \frac{250}{4} = 62,5$$

$$\text{مقاومة المجموعة السفلى} = \frac{250}{2} = 125$$

$$\text{وبما أن المجموعتين بالتوالى . فالمقاومة الكلية} = ٦٢,٥ + ١٢٥ = ١٨٧,٥$$

$$\text{إذا شدة التيار فى المجموعتين} = \frac{\text{الضغط على طرفى الديناموين}}{١٨٧,٥}$$

$$= \frac{٢٠٠ \text{ فلت}}{١٨٧,٥} = ١,١ \text{ أمبير تقريباً}$$

$$\therefore \text{الضغط على طرفى المجموعة العليا} = ١,١ \text{ أمبير} \times ٦٢,٥ = ٦٨,٧٥ \text{ فلت}$$

$$\begin{aligned} &\text{والضغط على طرفى المجموعة السفلى} = ٢٠٠ \text{ فلت} - ٦٨,٧٥ \text{ فلت} \\ &= ١٣١,٢٥ \text{ فلت (مع أن المصباح لا يتحمل أكثر من ١٠٠ فلت)} \\ &\text{(٢) بعد توصيل سلك الحيات} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{بما أن الضغط على طرفى المجموعة العليا} = ٦٨,٧٥ \text{ فلت} \\ &\text{إذا قوة دفع الدينامو الأعلى فى سلك الحيات (عن طريق المصابيح العليا)} \\ &= ١٠٠ \text{ فلت} - ٦٨,٧٥ = ٣١,٢٥ \text{ فلت} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{وبما أن الضغط على طرفى المجموعة السفلى} = ١٣١,٢٥ \text{ فلت فقوة دفع} \\ &\text{الدينامو الأدنى فى سلك الحيات (عن طريق المصابيح السفلى)} = ١٠٠ \text{ فلت} \\ &- ١٣١,٢٥ = - ٣١,٢٥ \text{ فلت} \end{aligned}$$

ومعنى ذلك أن قوة الدفع عكسية لأن الضغط على طرفى المصابيح السفلى (١٣١,٢٥ فلت) أكبر من الضغط أو القوة الدافعة المتولدة فى الدينامو الأدنى إذا محصلة القوتين = ٣١,٢٥ فلت - (٣١,٢٥ -) = ٦٢,٥ فلت وشدة التيار فى سلك الحيات = مقدار زيادة التيار فى المجموعة العليا لزيادة الضغط بمقدار ٣١,٢٥ فلت + مقدار نقص التيار فى المجموعة السفلى بمقدار نقص الضغط على طرفها بمقدار ٣١,٥ فلت

$$= \frac{31,5 \text{ فلت}}{62,25} + \frac{31,5 \text{ فلت}}{120} = 0,5 + 0,25 = 0,75 \text{ أمبير تقريباً}$$

ملحوظة : من هذا المثل يتضح لنا مقدار الخطر على المصاييح اذا حملت بأحمال مختلفة بدون سلك الحيد اذا كانت التوصيلة على طريقة الثلاثة أسلاك كذلك اذا أوجدنا فرق شدى التيار اللازم لكل من المجموعتين بالضغط اللازم لكل منهما (١٠٠ فلت) نجد أنها تساوى تماماً الجواب السابق (٧٥ , أمبير) وهذه طريقة اخرى لحل هذه المسائل

الفصل الثالث

المقارنة بين كثر التماس المستعمل في الموصلات بطريقة السلكين والمستعمل في الموصلات بطريقة الثلاثة أسلاك اذا تساوت القدرة والمفقود
بند ١٣٦ — نفرض أن الحمل في طريقة السلكين = س أمبير فالحمل في طريقة الثلاثة أسلاك وعلى نفس البعد من الدينامو = $\frac{ش}{2}$ لتساوى القدرة في كليهما (بند ١٥٣) . ونفرض أن م مقاومة السلك في حالة السلكين ٦ م مقاومة السلك في حالة الثلاثة أسلاك
∴ مفقود القدرة في الحالة الأولى = $ش^2 \times م$ مفقود القدرة في الحالة

$$\frac{ش^2}{4} \times م = \text{الثانية}$$

وبما أننا اشترطنا أن يتساوى المفقودان

$$\frac{1}{4} = \frac{r^2}{r^2} \quad \therefore \quad r^2 \times \frac{1}{4} = r^2 \times \frac{1}{4} \quad \therefore \quad r^2 \times \frac{1}{4} = r^2 \times \frac{1}{4}$$

وبما أن المسافة بين الحمل والينبوع الكهربائي متساوية في الحالتين وكذلك المقاومة النوعية للأسلاك

$$\frac{1}{4} = \frac{r^2}{r^2} = \frac{r^2}{r^2}$$

بفرض أن س_٢ س_٣ تساوى مساحة المقطع للسلك « بطريقة الثلاثة أسلاك وطريقة السلكين »

ومعنى ذلك أن سطح قطاع السلك في حالة الثلاثة أسلاك = $\frac{1}{4}$ قطاع السلك في حالة السلكين

وبما أن السلك الوسط لا يحمل إلا التيار الكهربائي الذي هو الفرق بين الحملين فقد اتفق أن يكون سطح قطاعه يساوى نصف قطاع السلكين الخارجيين . أى $\frac{1}{8}$ سطح قطاع السلك من سلكي التوزيع بسلكين وإذا أضفنا أسطح قطاعات جميع الأسلاك في كل حالة ينتج أن مجموع أسطح قطاعات التوزيع بثلاثة أسلاك = $\frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$ إذا كانت الأسطح بطريقة السلكين = $1 + 1 = 2$

وبما أن الأسلاك في الحالتين من نوع واحد . النسبة المئوية لكتلة النحاس المستعملة في الثلاثة أسلاك بالنسبة لها

$$\text{في السلكين} = \frac{100 \times 5}{2 \times 8} = 31,5 \%$$

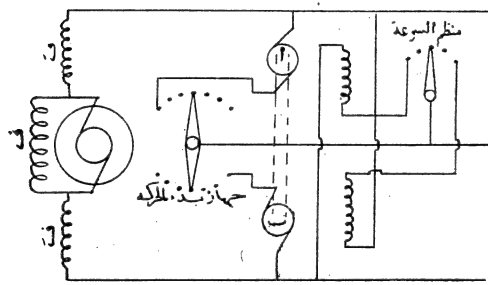
أى أنه يوجد توفير في كتلة النحاس المستعملة في الثلاثة أسلاك بمقدار

$$\underline{\underline{68,5 \%}}$$

الفصل الرابع

آلات التوازن

بند ١٣٧ — يستعمل عادة في التوصيل بثلاثة أسلاك دينامو واحد ضغطه يساوى ضغط الديناموين . وفي هذه الحالة يجب أن تصمم طريقة لحمل تيار فوق الحملين عن طريق السلك المحايد (أو سلك الحياد) . والشكل ١٧٣



(شكل ١٨٣)

يبين احدى هذه الطرق وهو عبارة عن التوزيع بثلاثة أسلاك بما فيه أجهزة التوازن وهي محركان ١ و ٢ أحدهما « ١ » موصل بين الموجب وسلك الحياد والآخر « ٢ » بين السالب

وسلك الحياد . والأول لفات عضو توليده موصلة بين السالب وسلك الحياد . والثاني لفات توليده موصلة بين الموجب وسلك الحياد . والمحركان معشقان ببعضهما على محور واحد

فإذا تساوى الحملان المحمل بهما الموجب والسالب . فجهاز التوازن يدوران كمحركين حيث يستمد كل منهما التيار من الدينامو العمومي

أما لو زاد حمل أحدهما عن الآخر . ولتكن الزيادة في الحمل بين الموجب وسلك الحياد مثلاً . فالضغط الكهربائي بين هذين السلكين يقل عنه بين السالب وسلك الحياد (بند ١٣٦) والسبب في ذلك راجع الى أن الحملين متصلان بالتوالي ببعضهما . فالضغط الكلي بين الموجب والسالب يتوزع بينهما بنسبة مقاومتهما . ومعنى زيادة الحمل عن الآخر هبوط مقاومة الأول عن الثاني . فالنتيجة أن الضغط على الحمل الأعلى يهبط عن الضغط على الحمل الأدنى

وبما أن المحرك الأعلى متصل بالتوازي مع الحمل الأعلى (كما هو ظاهر من الشكل) فالضغط بين طرفيه (وهو المساوى لضغط الحمل المتصل معه بالتوازي) يهبط فيقل عن الضغط على طرفي المحرك الأدنى (حيث يزيد الضغط على طرفي هذا الأخير لمبوط الحمل المتصل بالتوازي معه)

وبما أن سرعة المحرك الأعلى مقيدة بالأدنى فقوته الدافعة الرجعية تزيد عن الضغط الكهربائي على طرفيه ويساعد على ذلك أن مغناطيسية لفاته المستمدة من الطرفين السالب وسلك الحيات تزيد عن مغناطيسية المحرك الثاني وهذا مما يزيد في ارتفاع قوته الدافعة الرجعية فيشتغل كدينامو يعطى تياراً يساوى الفرق بين الحملين . وهذا التيار يمر من الموجب إلى الحمل الأعلى إلى الطرف السالب لهذا الدينامو . فيتساوى الضغطان الأعلى والأدنى وهو المطلوب : —

وعادة الديناموات المستعملة في طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك تكون من النوع المركب (القصير) بحيث أن لفات التوالى توصل من طرفيه للسلكين الخارجيين كما هو مبين حتى يساعد على التوازن عند اختلاف الاحمال .

امثلة محلولة على الباب العاشر

محطة كهربائية من ذات السلكين تعطى طاقة كهربائية بضغط ٢٢٠ فلت ويراد تغيير تصميمها لتوزيع الطاقة بطريقة الثلاثة أسلاك بضغط ٤٤٠ فلت . فإذا تساوت الطاقة في التصميمين الأول والثاني وكذلك مفقود الضغط في الاسلاك الموصلة من المحطة للدوائر الكهربائية . فالمطلوب إيجاد مقدار الوفرة في المائة في الاسلاك على الطريقة الثانية . مع العلم أن سطح قطاع كل من السلكين في الحالة الأولى = ٢ بوصة مربعة

الحل : —

بما أن الضغط الكهربائي في التصميم الثاني = ضعفه في التصميم الاول

مع تساوى مفقود الضغط فى الاسلاك فى الحالتين

إذا سطح قطاع كل من السلكين الخارجيين للتوصيلة الثانية = $\frac{1}{4}$ سطح قطاع كل من السلكين فى التوصيلة الاولى أى = $\frac{2}{4} = 0.5$ بوصة مربعة (بند ١٣٧)

وسطح قطاع سلك الحياد = $\frac{1}{4}$ سطح قطاع كل من السلكين الخارجيين

$$(\text{بند } ١٣٧) = \frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ بوصة مربعة}$$

∴ مجموع الأسطح القطاعات للثلاثة أسلاك (الطريقة الثانية)

$$= 0.5 + 0.5 + 0.25 = 1.25 \text{ بوصة مربعة}$$

وفى السلكين (الطريقة الاولى) = $2 + 2 = 4$ بوصة مربعة وبما أن المسافة بين المحطة الكهربائية والدوائر الكهربائية متساوية فى الحالتين

$$\text{إذا مقدار النحاس المستعمل فى الحالة الثانية} = \frac{1.25}{4} \times 100$$

$$= 31.25 \% \text{ من المستعمل فى الحالة الاولى}$$

$$\text{إذا مقدار الوفرة} = \underline{\underline{68.75 \%}}$$

(٢) محطة كهربائية مصممة على طريقة الثلاثة أسلاك بضغط ٤٨٠ فلت

بين السلكين الخارجيين وكانت الدوائر الموصلة كالآتى : —

أولاً — بين الطرف الايجابى وسلك الحياد موصل ٢٠٠ مصباح يلزم كل منها ٦٠ وات على ضغط ٢٤٠ فلت ٦٠ ٧٠ مصباح يلزم كل منها ١٠٠ وات على ضغط ٢٤٠ فلت

ثانياً — بين الطرف السلبى وسلك الحياد موصل ١٢٠ مصباح يلزم كل

منها ٦٠ وات ٤٥٦ مصباح يلزم كل منها ١٠٠ وات . وكل مصباح يلزمه ضغط ٢٤٠ فلت

فالمطلوب (أولاً) إيجاد التيار الكهربائي في سلك الحيداء واتجاه سيره . (ثانياً) الضغط على طرفي المجموعة الأولى والضغط على طرفي المجموعة الثانية إذا فصلنا سلك الحيداء

الحل :-

(أولاً)

الخطوة الأولى — التيار الكهربائي في كل مصباح من المصابيح اللازمة

$$\text{لكل منها ٦٠ وات} = \frac{٦٠ \text{ وات}}{٢٤٠ \text{ فلت}} = ٢٥,٠ \text{ أمبير}$$

$$\therefore \text{التيار الكهربائي في ٢٠٠ مصباح} = ٢٥ \times ٢٠٠ = ٥٠٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{وفي كل مصباح من المصابيح اللازمة لكل منها ١٠٠ وات} = \frac{١٠٠ \text{ وات}}{٢٤٠ \text{ فلت}}$$

$$= ٤١٧,٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{وفي ٧٠ مصباح} = ٧٠ \times ٤١٧,٤ = ٢٩٠٠٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا الشدة الكلية على الطرف الموجب} = ٢٩٠٠٠ + ٥٠٠ = ٢٩٥٠٠ \text{ أمبير}$$

بين السالب وسلك الحيداء

الخطوة الثانية — الشدة اللازمة للمصابيح ٦٠ وات وعددها ١٢٠

$$= ١٢٠ \times ٢٥ = ٣٠٠٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{وللمصابيح ١٠٠ وات وعددها ٤٥} = ٤٥ \times ٤١٧,٤ = ١٨٨٠٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{إذا التيار الكلي على الطرف السالب} = ١٨٨٠٠ + ٣٠٠٠ = ٢١٨٠٠ \text{ أمبير}$$

الخطوة الثالثة — بما أن الطرف الموجب يحتاج لشدة تيار قيمتها ٢٩٥٠٠ أمبير

والطرف السالب ٢١٨٠٠ أمبير

إذا يجب أن يحمل السلك الوسط (سلك الحيداء) فرق هاتين الشدتين .

$$\text{أى } ٧٩ - ٤٨,٨ = ٣٠,٢ \text{ أمبير}$$

وبما أن الحمل الأعلى (٧٩ أمبير) أكبر من الحمل الأدنى (٣٠,٢ أمبير)
ففرق الحملين (٣٠,٢ أمبير) يمر في السلك الوسط في اتجاه المحطة الكهربائية
(شكل ١٨١)

(ثانياً)

$$\frac{٢٤٠ \text{ فلت}}{٧٩ \text{ أمبير}} = \text{الخطوة الأولى - مقاومة المصابيح على الطرف الإيجابي} = ٣ =$$

$$\text{ومقاومة المصابيح على الطرف السالب} = \frac{٢٤٠ \text{ فلت}}{٤٨,٨ \text{ أمبير}} = ٤,٩ =$$

الخطوة الثانية — شدة التيار الكهربائي المارة في مجموعتي المصابيح بعد

$$\text{فصل سلك الحياد} = \frac{٤٨٠ \text{ فلت}}{٣ + ٤,٩} = ٦٠,٧٦ \text{ أمبير (وذلك لأن مجموعتي}$$

المصابيح موصلة بالتوالي ببعضها)

$$\text{الخطوة الثالثة — الضغط على طرفي المجموعة العليا} = ٦٠,٧٦ \times ٣ =$$

$$١٨٢ \text{ فلت} =$$

$$\text{والضغط على طرفي المجموعة السفلى} = ٦٠,٧٦ \times ٤,٩ = ٢٩٨ \text{ فلت}$$

وهذا مما يدل على وجوب عدم فصل سلك الحياد والا تعرضت المصابيح

أو الاحمال للخطر

تمرينات على الباب العاشر

(١) إذا رفع الضغط الكهربائي في محطة كهربائية من ١٠٠ فلت الى ٢٢٠

بشرط أن مفقود القدرة في الاسلاك العمومية لا يتأثر عما كان على الضغط

الاول . فكم في المساية تزيد مقدرة المحطة الكهربائية على اعطاء تيار كهربائي

(مع اهمال زيادة مقاومة الاسلاك لارتفاع درجة حرارتها)
(٢) اذا ضعفنا الضغط الكهربائي اللازم لاعطاء قدرة ما في الدوائر الكهربائية . فالمطلوب (١) ايجاد تأثير ذلك على القدرة المفقودة في الاسلاك
(ب) ايجاد نسبة سطح قطاع الاسلاك في الحالة الثانية اليها في الحالة الاولى حتى لا يزيد المفقود فيها عما كان في الحالة الاولى (ح) ايجاد نسبة طول الاسلاك الموصلة في الحالة الثانية اليها في الحالة الاولى حتى لا يزيد المفقود فيها عما كان في الحالة الاولى

(٣) معمل من المعامل ينار بمصابيح كهربائية على طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك والضغط الكهربائي على طرفي السلكين الخارجيين ٤٤٠ فلت . فاذا كان عدد المصابيح الموصلة بين السلك الموجب وسلك الحياد ٣٥٠ مصباح وكل منها يأخذ ٢,٠ أمبير . وعدد المصابيح من النوع الاول الموصلة بين السلك السالب وسلك الحياد ٢٨٠ مصباح . فاذا فرضنا أن مقاومة المصابيح ثابتة . فالمطلوب (١) ايجاد الضغط الكهربائي على طرفي كل من المجموعتين اذا فصل سلك الحياد عن الينبوع الكهربائي المستمد منه التيار (ب) ايجاد شدة التيار المارة في سلك الحياد بعد توصيله

(٤) اشرح طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك . ثم اشرح باختصار نقائصها ومزاياها عن طريقة التوزيع بسلكين

الباب الحادي عشر

البطاريات الثانوية

الفصل الأول

نظرية البطاريات الثانوية

بند ١٣٨ — اذا وضعنا لوحين أحدهما من الرصاص والثاني من ثاني أكسيد الرصاص في حامض الكبريتيك المخفف ووصلنا طرفيهما بامبير ومتر لاحظنا مرور تيار كهربائي في دائرة الامبير ومتر يخرج من لوح ثاني أكسيد الرصاص . ولكن بعد وقت قصير يتغير لون اللوحين ويضعف التيار تدريجياً الى أن يصل الى الصفر . ولكن عند ارسال تيار كهربائي من ينبوع خارجي للوحين في اتجاه مضاد للاول ترجع حالة اللوحين الى ما كانت عليه في بادئ الامر بحيث أنه يمكننا أخذ تيار كهربائي منهما كما في الحالة الأولى

وأول من اكتشف هذا العامود هو بلانتيه سنة ١٨٦٠ وقد أطلق عليه عامود ثانوي أو مكثف وتسمى عملية التكوين بطريقة توصيل اللوحين بينوع كهربائي خارجي بعملية الشحن . وعملية أخذ التيار من العامود للدائرة الخارجية تسمى بعملية التفريغ واللوح الذي يخرج منه التيار أثناء التفريغ باللوح الموجب والثاني بالسالب — واللوح الموجب هو لوح ثاني أكسيد الرصاص ولونه بني قاتم بينما لوح الرصاص السالب رمادي باهت Neutral grey

يستنتج مما تقدم أننا اذا وصلنا تياراً كهربائياً لعامود مكون من لوحين من الرصاص النقي ومحلول حمض الكبريتيك فاللوح الداخل فيه التيار الكهربي

يكون ثاني أكسيد الرصاص بينما اللوح الذي يخرج منه التيار لا يتغير. واليك ما يحصل من التفاعل على وجه التقريب

التفاعل أثناء الشحن

اللوحة السالبة - $\text{يد} + \text{كب} + \text{ر} = \text{ركب} + \text{يد} = \text{كبريتات الرصاص} + \text{ايدروجين}$

$\text{ركب} + \text{يد} = \text{ر} + \text{يد} + \text{كب}$

($\text{يد} = \text{الايدروجين الخارج من تحليل الماء الى عنصريه وهو الاكسجين والايدروجين}$)

اللوحة الموجبة - $\text{يد} + \text{كب} + \text{ر} = \text{ركب} + \text{يد}$

$\text{ركب} + \text{ايد} + \text{ا} = \text{را} + \text{يد} + \text{كب}$

يؤخذ مما تقدم أن الألواح الموجبة للاعمدة الثانوية يجب أن تكون مغطاة بثاني أكسيد الرصاص بخلاف السالبة التي لا تكون الا من رصاص نقي وعلى مقدار ثاني أكسيد الرصاص المتكون تتوقف قوة العامود. ولعمل الألواح الموجبة والسالبة طريقتان : —

« ١ » تسمى بطريقة التكوين الطبيعي لبلانتيه Planté plates

« ٢ » تسمى بطريقة التكوين الصناعي لفوريه Fauré Plate

طريقة التكوين الطبيعي للألواح

بند ١٣٩ — يوصل تيار كهربائي للألواح الرصاص النقية المغمورة في محلول حامض الكبريتيك . فالألواح الموجبة تتفاعل مع المحلول وتتكون طبقة رفيعة عليها من ثاني أكسيد الرصاص بينما الألواح السالبة لا تتغير ولكن بعد دقائق قليلة عند ما يلاحظ أن طبقة ثاني أكسيد الرصاص لا تزداد تفتح الدائرة الكهر بائية ويلاحظ عند فتحها أن طبقة ثاني أكسيد الرصاص قد تحولت الى كبريتات الرصاص وذلك بتفاعل حامض الكبريتيك على الألواح الموجبة

فاذا وصلنا التيار الكهربي ثانياً تتحول كبريتات الرصاص الى اكسيد الرصاص ولكن هذه الطبقة تكون أسمك من الاولى فكلما كررنا هذه العملية (شحن البطارية ثم قطع دائرتها عند ملاحظة عدم زياده طبقة ثاني اكسيد الرصاص) كلما زادت كمية ثاني اكسيد الرصاص وكلما امتلأت مسام الالواح الايجابية بها ولكن هذه العملية المسماة بعملية التكوين الطبيعي متعبة جداً وخصوصاً اذا لاحظنا أن الالواح يجب اراحتها جملة ساعات وربما يوماً كاملاً بين كل شحنة وأخرى لهذا السبب ولبطء تكوين ثاني اكسيد الرصاص بهذه الطريقة استعوض عنها بالطريقة الثانية الصناعية لفورييه

طريقة التكوين الصناعي

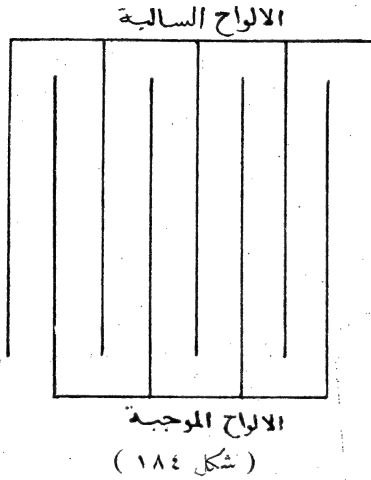
بند ١٤٠ — تغطي الالواح الموجبة بمعجون مكون من اكسيد الرصاص الاحمر (سلقون) + حامض كبريتيك حيث يتفاعل الاثنان ويكونان ثاني اكسيد الرصاص + كبريتات الرصاص

$$٢\text{ر}١ + ٢\text{يد}١\text{كب}١ = \text{ر}٢ + ٢\text{كب}١ + ٢\text{يد}١$$
 ولتماسك هذا المعجون يضاف اليه بعض الجلسرين — وتغطي الالواح السالبة بمعجون مكون من أول اكسيد الرصاص « الليتارج » + حامض الكبريتيك يضاف اليه جلسرين

والغرض من تغطية الالواح السالبة بهذا المعجون هو لمنع هذه الالواح من الكبرته (أى من تحويلها أثناء التفريغ الى كبريتات الرصاص) الذي يعيق سير التيار الكهربي باثى ويغير الالواح حتى لا تصلح للاستعمال

الفصل الثاني

تصميم البطاريات الثانوية

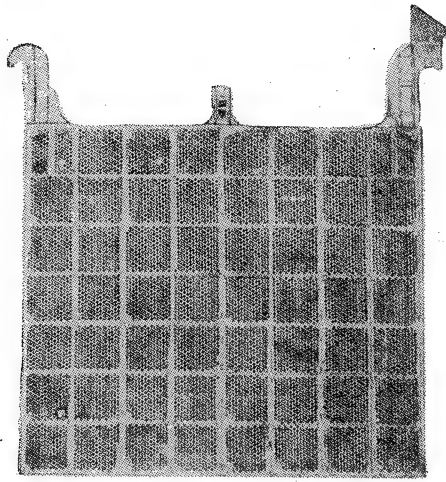


بند ١٤١ — لعمل عامود ثانوى

ذات قدرة كبيرة توصل جملة ألواح داخل العامود بالتوازي ببعضها لتكون الطرف الايجابى بشرط أن عدد الالواح السالبة يزيد لوحاً واحداً عن الايجابية حتى يحصل التفاعل بالتساوى على أوجه الالواح الايجابية كما هو مبين بالشكل التخطيطى ١٨٤

الالواح ذات المعجور « عملية Fauré »

بند ١٤٢ — يجب تصميمها بحيث أن المعجون يتماسك تماسكاً تاماً فى جسم اللوح وذلك بعمل خلايا مربعة على وجه اللوح كما فى شكل ١٨٥ فعند وضع المعجون يملأ هذه الخلايا وعلى ذلك يكون المعجون فى مأمن من الانفصال عن اللوح . وبعد أن توصل جميع الالواح الموجبة المكونة للعامود ببعضها و لذلك السالبة توضع فى وعاء عازل مثل الزجاج أو الاسبستس « Asbestos » بشرط أن لا تلمس الالواح قاع الوعاء بل تترك مسافة تتراوح بين ١,٥ و ١,٦ سم تتساقط فيها الاملاح فتصبح الالواح فى مأمن منها — ولاجل ألا تكون الألواح عرضة للتلامس داخل العامود نفصل هذه الالواح عن بعضها بأنايب عازلة من الزجاج أو الالبانوس وتتراوح المسافات

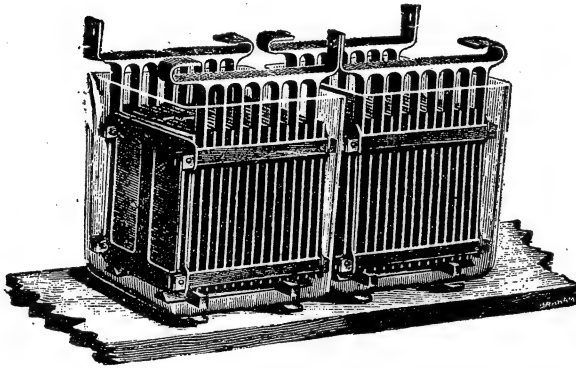


(شكل ١٨٥)

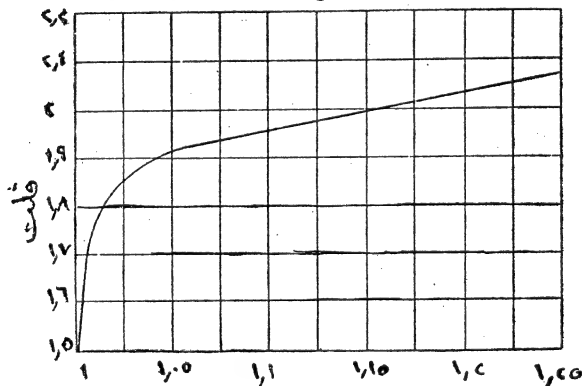
بين كل لوح وآخر بين ١,٢ و ٠,٦ سم . ولاجل زيادة الاحتياط من حدوث قصر توضع الاعمدة كل منها على أربعة قواعد من الصيني وهذه الاخيرة محمولة على لوح من الخشب كما في شكل (١٨٦) وهو عبارة عن بطارية مكونة من عمودين

القوة الدافعة المتولدة

في الاعمدة الثانوية



(شكل ١٨٦)

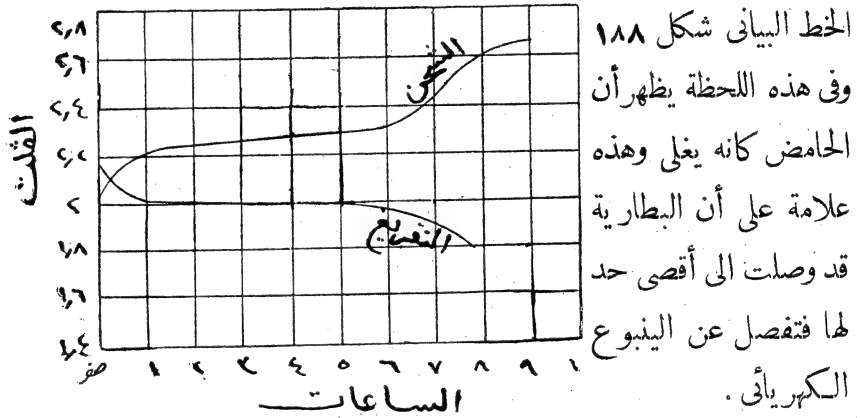


كثافة الحمض
(شكل ١٨٧)

بند ١٤٣ — القوة الدافعة المتولدة في عامود ثانوى تبلغ ٢ فولت ولكنها تتغير بتغير كثافة الحامض بين ١,٠٧ و ١,٠٦ . ولكن اذا قلت الكثافة عن ١,٠٨ فينقص الفولت بسرعة . وكثافة الحامض تتراوح بين ١,٢ و ١,٢٢٦ عند شحن البطارية وبين ١,١٨٥ و ١,١٩٥ اذا كان العامود فارغاً والمنحنى (شكل ١٨٧) يبين العلاقة بين الفولت والكثافة

وإذا ابتدأنا التفريغ بعد الشحن مباشرة فالفالت ينقص بسرعة من ٢,٥ الى ٢ فولت وبعد ذلك تصير قيمته ثابتة جملة ساعات « أربع ساعات تقريباً » ثم ينقص بعدها الى ١,٨ فلت وذلك لنزول كثافة الحامض « لتكوين الماء » وإذا استمر التفريغ فإن الألواح السلبية تتكبرت . وعلى ذلك يجب عدم تفريغ العامود أكثر من ١,٨ فلت وبعدها يعاد شحنه .

وعند شحن البطارية يرتفع الفالت بسرعة من ١,٨ فلت ثم بعدها يرتفع ببطء لغاية ٢,٣ فولت تقريباً ثم بعدها يرتفع بسرعة الى ٢,٦ كما هو ظاهر من



(شكل ١٨٨)

الينبوع الكهربائي الملزم لشحن البطاريات وكيفية توصيل

بند ١٤٤ — أولاً — يجب أن يوصل الطرف الموجب للينبوع الكهربائي بالطرف الموجب للبطارية المراد شحنها وكذلك السالب بالسالب .

ثانياً — يجب أن يكون الدينامو المستمر التيار المعدل لشحن البطارية دينامو توازي .

ثالثاً — يجب قبل توصيل الدائرة للشحن أن ينظم الفالت المعدل للشحن بحيث يزيد ١٠ ٪ عن فالت البطارية بعد شحنها .

رابعاً — لا يمكن شحن البطارية من ينبوع متغير التيار ما لم يحمل هذا

التيار المتغير الى تيار مستمر وتوجد أجهزة لهذا الغرض تسمى « Rectiphires » أو يمكن ادارة محرك بواسطة التيار المتغير والمحرك معشق بدنيامو مستمر التيار وهو الذى يستعمل للشحن .

سعة البطارية

بند ١٤٥ — سعة البطارية تقاس بالامبير ساعة فمعنى أن سعة بطارية ٤٠ أمبير ساعة انها يمكن أن تتحمل إعطاء ٤٠ أمبير مدة ساعة أو خمسة أمبيرات لمدة ٨ ساعات أو ٢ أمبير لمدة ٢٠ ساعة أو ١ أمبير لمدة ٤٠ ساعة. أى أن حاصل ضرب الامبير الذى تشتغل عليه البطارية فى الزمن الذى يمكن أن تستمر فيه قوتها = ٤٠ أمبير ساعة. وتتوقف سعة البطارية على اتساع الجزء المغمور من الالواح لان المقاومة الداخلية تكون أقل ولكن عمل لوح كبير من الامور الشاقة علينا. فبدلاً من ذلك يعمل العامود من جملة الواح بالتوازي كما سبق الكلام على ذلك.

جودة البطارية

بند ١٤٦ — ١ — الشغل المأخوذ من البطارية أثناء التفريغ = وات ساعات التفريغ .

٢ — الشغل المعطى للبطارية اثناء الشحن = وات ساعات الشحن

الاجودة = $\frac{\text{الوات ساعات المأخوذة من البطارية}}{\text{الوات ساعات المعطاة للبطارية}}$ = من ٦٠٪ الى ٩٠٪

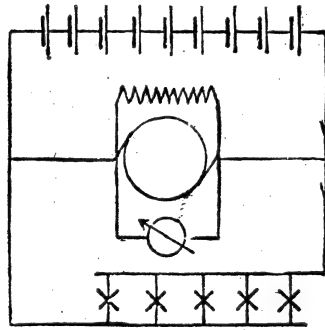
وجود الكمية للبطارية = $\frac{\text{امبير ساعات التفريغ}}{\text{امبير ساعات الشحن}}$ = من ٩٠٪ الى ٩٨٪

الفصل الثالث

مساعدة البطارية الاثوماتيكية للدينامو أثناء الشغل

بند ١٤٧ — من مميزات البطاريات الثانوية ان مقاومتها الداخلية صغيرة جداً تكاد لا تؤثر على الضغط على طرفيها عند تحميلها . أى ان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى البطارية (بعد شحنها) تساوى الضغط الكهربائى على طرفيها تقريباً .

والشكل ١٨٩ يبين دينامو (توازى طبعاً) متصلاً بالتوازى مع البطارية



(شكل ١٨٩)

وحمل فى نفس الوقت بدائرة مصابيح . فإذا فرضنا أن البطارية فى بدء شحنها فالدينامو يعطى تياراً للبطارية وفى نفس الوقت يغذى دائرة المصابيح . وهذا يستمر الى أن يرتفع فلت البطارية ويتساوى مع الضغط على طرفيها . أى على طرفى الدينامو فتشترك البطارية مع الدينامو فى تغذية المصابيح

فلو فرضنا أن الحمل المحمل به الدينامو . زاد عن طاقة الدينامو فالضغط على طرفيه يهبط قليلاً بمقدار ما فقد داخل الدينامو وبما أن ضغط البطارية مساوٍ تقريباً للقوة الدافعة المتولدة فيه كما قلنا . فالبطارية تعطى تيار الحمل الزائد عن طاقة الدينامو وهكذا فيصبح الضغط على طرفى الحمل ثابتاً بمساعدة البطارية وهو المطلوب

ولكن هذا التنظيم الاثوماتيكي لا يكون مضموناً اذا زاد الحمل لدرجة يتعذر على كل من البطارية والدينامو احتماله . لذلك اخترعت المساعدات الميمنة فى بند ١٤٩ لتساعد الدينامو على شحن البطارية أثناء هبوط الحمل وتساعد

البطارية على التفريغ (لمساعدة الدينامو) اذا زاد الحمل عن حده القانوني
المصمم عليه الدينامو

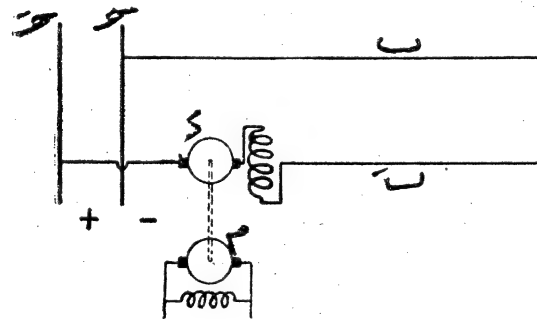
المساعدات

بند ١٤٨ — هي ديناموات صغيرة الغرض منها تغيير القوة الدافعة
الكهربائية « و . س . ل » المستمدة من ينبوع آخر. وتستخدم المساعدات في : —
أولاً — رفع القوة الدافعة الكهربائية في الاسلاك الموصلة للاحمال بمقدار
ما يفقد منها في مقاومة هذه الاسلاك وعلى ذلك تصير القوة الدافعة الكهربائية
ثابتة على الحمل مهما زاد

ثانياً — تغيير القوة الدافعة الكهربائية لدائرة البطارية الثانوية لتسهيل
مرور التيار من الدينامو للبطارية لشحنها وبالعكس

وشكل ١٩٠ يبين مساعداً للغرض الأول وهو عبارة عن سلكي تغذية

ب ٦ ب متصلين بسلكي المحطة الكهربائية « Busbars » الرئيسيين ح ٦ ح
ومتصل بدائرة التغذية



مساعدة و هو دينامو

توالى يدور بواسطة محرك

ولنفرض أن ضغط المحطة

الكهربائية ٤٦٠ فولت

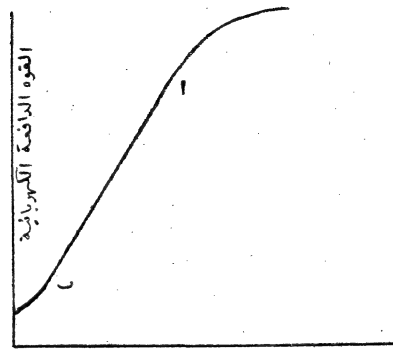
وأن الضغط في نهايتي

السلكين اللذين على

(شكل ١٩٠)

طرف الحمل المسميين بسلكي التغذية يجب أن لا يقل عن ٤٦٠ فلت
والضغط المستهلك في أسلاك التغذية على أقصى حمل هو ٢٠ فلت — فلتعويض
مفقود الضغط في أسلاك التغذية يوضع في سلك التغذية مساعد وهو عبارة
عن دينامو متصلة لفات عضو توليده بالتوالي مع سلك التغذية ويدار
بواسطة المحرك (م) . وبما أن عضو توليد المساعد يغذى بنفس تيار الحمل

فالقوة الدافعة الكهربية المتولدة من المساعد تتغير بتغير الحمل وبما أن مفقود



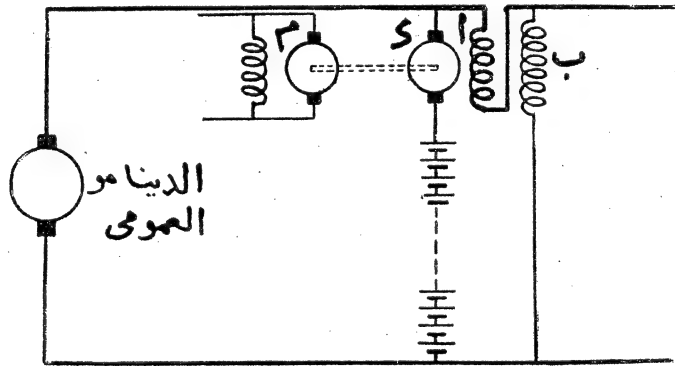
تيار التعذية
(شكل ١٩١)

الضغط في أسلاك التغذية يتناسب مع شدة التيار. إذا يجب أن يكون تصميم المساعد بحيث أن القوة الدافعة الكهربية « و . س . ل » المتولدة منه تتناسب مع شدة التيار في عضو التوليد أى مع الحمل وبذلك كل زيادة في مفقود الضغط بزيادة الحمل يستعاض عنها

بزيادة القوة الدافعة الكهربية المتولدة في المساعد — ولأجل الوصول الى هذه الغاية يجب أن يشتغل المساعد على الجزء المستقيم من منحنى التغطس أى الخط ١ ب (شكل ١٩١) لأن القوة الدافعة الكهربية المتولدة عليه تتناسب مع تيار التغذية

المساعد التفريغى العكسى

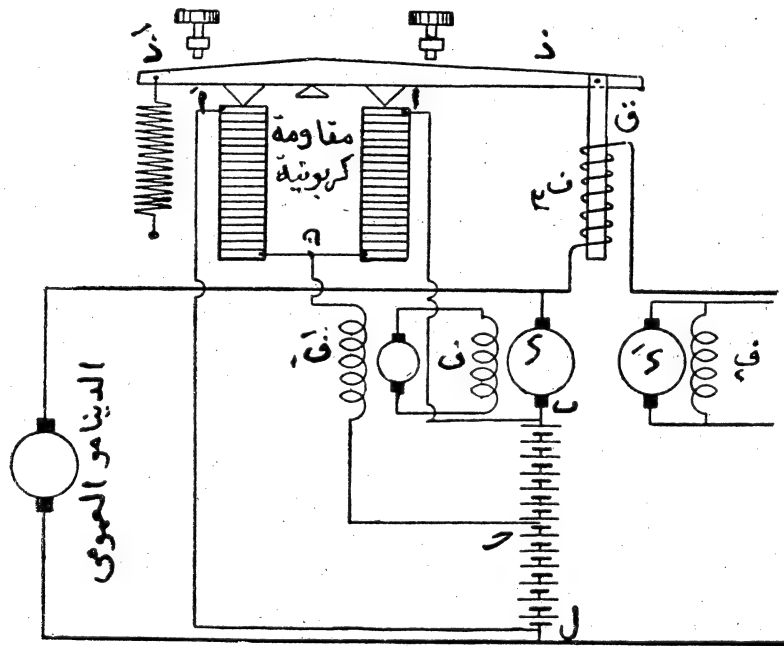
بند ١٤٩ — الشكل ١٩٢ عبارة عن مساعد تفريغى عكسى والمساعد



(شكل ١٩٢)

عبارة عن دينامو و يدار بواسطة محرك م ومتصل بالبطارية الثانوية وبطرفى السالكين الرئيسيين. وهذا الدينامو يغذى عضو توليده بواسطة ملفين أحدهما

« ١ » والآخر « ب » والملف « ١ » متصل بالتوالى مع السلكين الرئيسيين والآخر « ب » بالتوازي معهما وكل منهما يعاكس الآخر أى أن الأمبير لفات الناتجة من التيار الكهربائى فى « ب » بعكسها فى « ا » فعندما يكون الحمل أقل من القانونى فأمبير لفات التوازي تزيد عن أمبير لفات التوالى فالفلت المتولد فى المساعد يساعد فلت الدينامو الاصلى على شحن البطارية . وإذا كان الحمل قانونياً يتساوى فلت البطارية مع الدينامو الاصلى . أما فلت المساعد فيساوى صفراً لتساوى أمبير لفات التوالى مع أمبير لفات التوازي فإذا زاد الحمل عن حده القانونى تزيد أمبير لفات التوالى عن التوازي فيضاف فلت المساعد على فلت البطارية أى أنه يصير بالتوالى معها ويساعد الاثنان الدينامو الاصلى على الحمل الزائد الغير قانونى



(شکل ۱۹۳)

والشكل ١٩٣ يبين جهاز مساعد تفريقي بمقاومات كربونية وهو مكون من الدينامو العمومي والبطارية ل ب المتصلة بالتوازي معه والدينامو و متصل بالتوالي مع البطارية ولفات عضو توليده ف تغذى بدينامو آخر كما هو مبين

وهذا الدينامو لفات عضو توليده في متصلة بين منتصف البطارية (ح) و طرفي المقاومتين الكربونيتين ١ ٢ ١٦ د. أى في نقطة (د) والدينامو ان المبينان يداران بواسطة المحرك و المستمد التيار من السلكين الرئيسيين للدينامو العمومى . وتوجد رافعة ذ ذ أحد طرفيها ذ متصل بقلب من الحديد و موضوع داخل ملف كهربائى و متصل بالتوالى مع السلكين الرئيسيين

والطرف الآخر للرافعة ذ متصل بطرف سلك ذى زنبلك والطرف الآخر للزنبلك مثبت فى جسم الجهاز

ومثبت فى ذراعى الرافعة قطعتين من الحديد كل منها على شكل منشور ثلاثى ومتجهان نحو سطح المقاومتين الكربونيتين

وهذا الجهاز مصمم بحيث أنه فى حالة تحميل الدينامو العمومى بالحمل القانونى فضغط الدينامو يتساوى مع القوة الدافعة للبطارية ولذلك قوة جذب الملف الكهربائى فى القلب الحديدى = قوة الزنبلك فى الطرف ذ فضغط المنشورين الحديدين لألواح الكربون المكونة منهما المقاومتين الكربونيتين متساو وعلى ذلك فمقاومتاهما متساوية

وبما أن البطارية ب ل متفرع منها ثلاثة أسلاك ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ونقطة ه فى منتصف البطارية فنظرية توزيع التيار فى المقاومتين الكربونيتين هى نفس نظرية التوزيع بثلاثة أسلاك المبينة فى الباب العاشر . حيث يعتبر السلك ح د سلك حيا

إذا لا يمر أى تيار كهربائى فى اللفة فى المتصلة بالتوالى مع هذا السلك ما دامت المقاومتان الكربونيتان متساويتين وعلى ذلك لا تتولد قوة دافعه فى دينامو هذه اللفة

وبما أن ملف عضو توليد الدينامو و . أى الملف و يغذى من الدينامو ذى الملف و

إذا عند ما يكون الحمل أقصى ما يمكن للدينامو العمومى تحمله كما قلنا

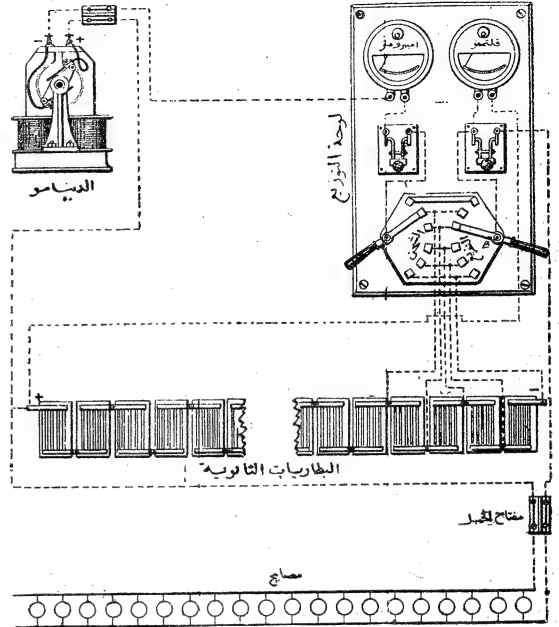
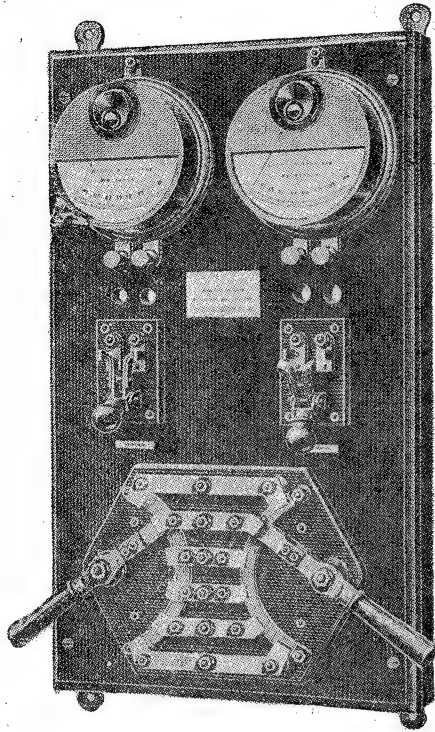
لا يتولد فلت في الدينامو و المتصل بالتوالي مع البطارية
 أما اذا زاد الحمل عن طاقة الدينامو العمومى فقوة الجذب على القلب تـ
 تزيد عن قوة الزنبك فيضغط ذراع الرافعة ذ بواسطة المنشور المثبت فيه على
 ألواح المقاومة السكر بونية ١ ه فتقل مقاومتها عن الثانية . وعلى ذلك يمر تيار
 كهربائى فى سلك الحيد أى فى اللفة ف اتجاهه من ه الى ح . وعلى ذلك
 تتولد قوة دافعة فى دينامو هذه اللفة فتتغذى لفات عضو توليد الدينامو (وهى
 اللفات ف) فتتولد قوة دافعة كهربائية فى هذا الدينامو تساعد البطارية على
 التفريغ لمشاركة الدينامو العمومى فى الحمل الزائد
 وبالعكس اذا هبط الحمل عن مقدور الدينامو العمومى فالفلت المتولد
 من الدينامو و يكون بعكس الاول أى أنه يساعد الدينامو العمومى على
 شحن البطارية

الفصل الرابع

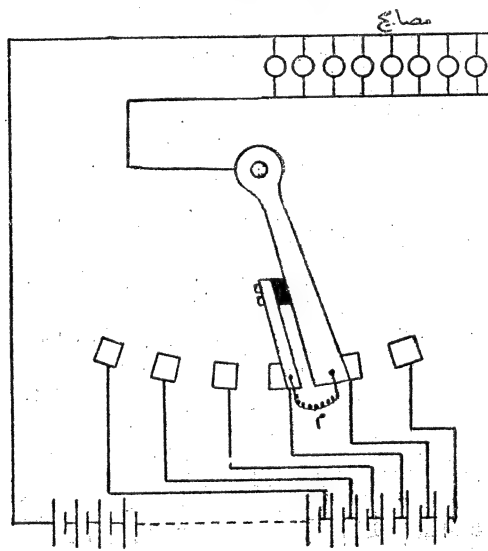
استعمال البطاريات الثانوية

بند ١٥٠ — أولا . تستعمل فى الدوائر الكهربائية الخصوصية « كإدارة
 منزل من ينبوع كهربائى مخصص له » اذ يمكن شحن بطاريات ثانوية أثناء
 النهار ثم استعمالها بالليل لإضاءة المنزل بدلا من إدارة الدينامو طول الليل كما هو
 ظاهر بالشكل ١٩٤ — ويلاحظ أثناء التفريغ أن الفلت ينقص تدريجياً كلما
 زاد الحمل فلاجل تثبيت الفلت على طرفى المصاييح يستعمل مفتاح على بعض
 من البطاريات لحذف أوإضافة جزء منها لتنظيم الفلت الخارجى والشكل
 (١٩٤) يبين كيفية توصيل البطارية للشحن ثم للتفريغ
 وشكل ١٩٥ يبين ذراع توصيلة مصمم بحيث لا تقطع الدائرة ولا يحصل

قصر في العمود نتيجة تغطية الذراع للقطاعين الموصلين بطرفيه . فالمقاومة م



(شكل ١٩٤)



(شكل ١٩٥)

٣٥ — الهندسة الكهربائية

الموصلة بين طرفي ذراع التوصيلة والساق النحاسي المثبت فيه ومعدول عنه تؤدي هذين الغرضين (عدم قطع الدائرة وعدم القصر) كما هو واضح من الشكل عند نقله لنقص أو زيادة عدد البطاريات

ثانياً — تستعمل كاحتياطي في المحطات الكهربائية فإذا حصل خلل في الدينامو المستعمل في

المحطة يمكن استعمال البطاريات الثانوية الى أن يصلح الخلل حتى لا تقف حركة الشغل في الدائرة المستمدة تيارها الكهربائي من هذه المحطة (سواء كانت للانارة أو لآى غرض آخر)

ثالثاً — تستعمل كمنظمات للتيار الكهربائي الخارج من الدينامو حيث توصل بالتوازي مع دائرة الدينامو الرئيسية أو الفرعية حسب المرغوب لتساعد الدينامو في الحمل الملقى عليه اذا زاد عن طاقته. وفي هذه الحالة يلاحظ أن شحن البطارية وتفريغها أوتوماتيكياً لأن الدينامو في الأوقات التي يكون فيها الحمل بسيطاً أى أقل من مقدوره فالضغط الكهربائي على طرفيه يزداد عنه على البطارية فيشحنها وبالعكس والشكلان ١٩٢ و ١٩٣ يبينان ذلك

رابعاً — تستعمل في الأتومبيلات بقصد الانارة أو لأغراض أخرى تختلف باختلاف تصميم الاتومبيلات

نعميمات عمومية على البطاريات

بند ١٥١ — أولاً . يلزم أن تكون القاعة الموضوعة فيها الأعمدة جافة وذات نوافذ للتهوية . ويلزم تغطية القطع المعدنية فيها كالمفصلات والأقفال بالبرافين لمنع تأثير الغازات الحمضية عليها

ثانياً — عند انتهاء عملية الشحن يقطع أولاً اتصال الأعمدة بالدينامو قبل وقوفه لئلا يرجع تيار البطارية ويتلف عضو استنتاجه

ثالثاً — يلزم إعادة ملحوظات التفريغ المطبوعة على سطح الأعمدة الخارجى بدقة لأن زيادة التفريغ ينتج عنه تفاعل كىماوى شديد وحرارة كبيرة يتسبب عنها كبريتات الرصاص

رابعاً — يحترس جداً من حصول قصر بالمرّة في الدائرة (دائرة الأعمدة) لان في ذلك خطراً من ارتفاع تيار شديد بالنسبة لصغر المقاومة الداخلية للأعمدة وهذا التيار يتلف الألواح ويشننها ويفرق أجزاءها

خامساً — لا يجب بأى حال من الاحوال تنقيص ضغط الاعمدة عن

١,٨٥ فلت لكل عمود وكشافة الحمض عن ١,١٨

سادساً — يلزم أن تكون الاعمدة مشحونة دائماً حتى في زمن عدم استعمالها

وقد يستحسن شحنها كل أسبوع أو اثنين مع اضافة قليل من كربونات

الصودا المشبع على الحامض لمنع تكوين الكبريتات ويصالح حال الاعمدة

سابعاً — عند ما يتبخر السائل من الاعمدة يعوض عنه بماء نقي فقط . ومن

اللازم تغطية سطح الاعمدة بقطع من ألواح الزجاج ليقل التبخر ويمتنع

خروج النقط الحمضية أثناء الشحن

ثامناً — سهولة تمييز الاقطاب عن بعضها يمكن لف القضيب الموجب

باللون الاحمر والسالب باللون الاسود

تاسعاً — تتوقف سعة البطارية على دقة الصنع وعلى الحجم . ولكن

التجارب دلت على أن متوسط سعة البطارية ذات المعجون هو ١٠ أمبير ساعة

لكل قدم مربع من سطح اللوح الموجب

فالعمود الذي يحتوى على ٨ ألواح موجبة مساحة كل منها ٤٥ بوصة مربعة

$$\text{سعته} = \frac{٨ \times ٤٥ \text{ بوصة}}{١٤٤} \times ١٠ \text{ أمبير ساعة} = ٥٠ \text{ أمبير ساعة}$$

عاشراً — لشحن البطارية يجب أن تكون شدة تيار الشحن من $\frac{1}{8}$ الى $\frac{1}{4}$

سعة البطارية . فمثلاً لو كانت سعة البطارية ٢٠ أمبير ساعة فشدة تيار الشحن

لا يقل عن $\frac{1}{8}$ أى ٢ أمبير وهذا يستمر لمدة ١٠ ساعات (لأن السعة

$= ٢ \text{ أمبير} \times ١٠ \text{ ساعات} = ٢٠ \text{ أمبير ساعة}$) ولا يزيد عن $\frac{1}{4}$ $\times ٢٠ = ٥$ أمبير

وهذا يستمر لمدة ٨ ساعات

أما في حالة التفريغ فلا يجب (احتياطياً) أن يزيد معدل تيار التفريغ عن

$\frac{1}{8}$ سعة البطارية . فإذا كانت سعة البطارية ٦٠ أمبير ساعة فمعدل تيار التفريغ

يجب أن لا يزيد عن $\frac{1}{8} \times ٦٠ = ٧.٥$ أمبير

مسألة محلولة على البطاريات

إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لبطارية ثانوية في بدء التفريغ ٢,٠٥ فلت ثم تقل تدريجياً إلى ١,٨٥ فلت لكل عامود في نهاية التفريغ . فإذا كانت المقاومة الداخلية للعامود الواحد ٠,٠٠٥ أوهم ومقاومة الموصلات للمصابيح ٠,١١ أوهم فما هي عدد الأعمدة اللازمة

(أولاً) في بدء التفريغ (ثانياً) في نهاية التفريغ إذا كانت الدائرة الكهربائية عبارة عن مصابيح عددها ٥٠٠ مصباح وكل منها ٦٠ وات ٢٢٠ ٦ فلت

$$\text{الحل} - \text{شدة التيار في المصابيح} = \frac{60 \times 500}{220} = 136 \text{ أمبير}$$

الضغط على طرفي كل عامود = القوة الدافعة الكهربائية

للعامود — مفقود الضغط داخل العامود

والضغط المنصرف في الموصلات = ٠,١١ أوهم \times ١٣٦ أمبير = ١,٥ فلت

∴ الضغط اللازم على طرفي البطارية = ١,٥ + ٢٢٠ = ٢٢١,٥ فلت

الضغط المنصرف داخل العامود = ٠,٠٠٥ \times ١٣٦ = ٠,٠٦٨ فلت

∴ الضغط على طرفي العامود في بدء التفريغ = ٢,٠٥ - ٠,٠٦٨

$$= 1,982 \text{ فلت}$$

$$\therefore \text{عدد الأعمدة في بدء التفريغ} = \frac{221,5}{1,982} = 115 \text{ عامود}$$

الضغط على طرفي العامود في نهاية التفريغ = ١,٨٥ - ٠,٠٦٨

$$= 1,782 \text{ فولت}$$

$$\therefore \text{عدد الأعمدة في نهاية التفريغ} = \frac{221,5}{1,782} = 128 \text{ عامود}$$

$$\therefore \text{عدد الأعمدة الاحتياطية} = 128 - 115 = 13 \text{ عامود}$$

تمرينات على الباب الحادى عشر

(١) بطارية قوتها الدافعة الكهربائيه ٢ فلت لكل عمود عند بدء التفريغ ثم تهبط الى ١,٨ فلت لكل عمود فى نهاية التفريغ. فاذا كانت المقاومة الداخلية لكل عمود = ٠,٠٠٥^٣ فما هو عدد الاعمدة لمكونه منها البطارية « ١ » عند بدء التفريغ « ٢ » عند نهاية التفريغ. اذا كان الحمل المحملة به البطارية طول مدة التفريغ عبارة عن ٨٠٠ مصباح قدرة كل منها ٣٠ وات والضغط اللازم لها ١٢٠ فلت (٢) اذا كانت القوة الدافعة الكهربائيه لبطارية ثانويه = ٢ فلت لكل عمود قبل التفريغ ولكنها هبطت بمجرد توصيلها لحمل يأخذ ١٠٠ أمبير الى ١,٩٥ فلت. فالمطلوب إيجاد المقاومة الداخلية لكل عمود

(٣) بطارية مكونه من ١١٠ عمود شحنت بتيار كهربائى قيمته ١٠٠ أمبير لمدة ٦,٥ ساعة وكان معدل القوة الدافعة اللازمة لشحن كل عمود = ٢,٣ فلت فاذا وصلنا البطارية بعد الشحن السابق الى حمل وكانت شدة التيار فيه ١١٠ أمبير واستمر التفريغ ٥ ساعات بمعدل ٢ فلت لكل عمود فالمطلوب إيجاد : « ١ » جودة الكمية للبطارية « ٢ » جودة القدرة

(٤) اشرح باختصار الدوائر المختلفة التى تستعمل فيها البطاريات الثانويه (٥) اشرح الاحتياطات اللازم اتباعها عند شحن أى بطارية وعند تفريغها (٦) بطارية ثانويه حملت بالاحمال الآتية الى نهاية تفريغها : ٢٠ أمبير لمدة عشرين ساعة ١٠ ٦ أمبير لمدة ١٠ ساعات ٥ ٦ أمبير لمدة ٧ ساعات ٢ ٦ أمبير لمدة ٦ ساعات. فالمطلوب إيجاد سعة البطارية

الباب الثاني عشر

منظمات حركة محركات التوالى

الفصل الأول

المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية

بند ١٥٢ — المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية هى من نوع التوالى لأن عزم دوران هذا النوع فى بدء الحركة أقوى من أى نوع آخر من أنواع المحركات

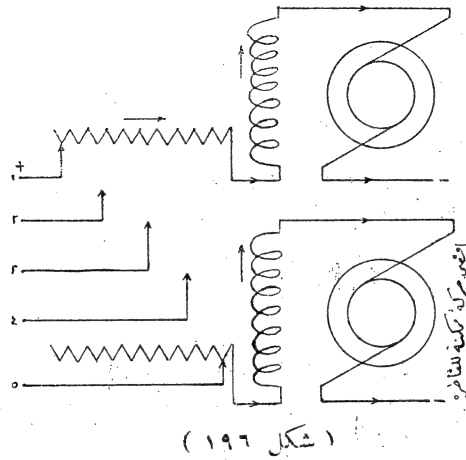
ومهمة المنظم المستعمل لحركة القاطرات تتوقف على عدد المحركات المستعملة فى القاطرة

ففى القاطرة المستعمل فيها محرك واحد يجب أن يصمم المنظم لتأدية الوظائف الآتية

أولاً — توصيل المحرك للقوة الدافعة الكهربائية ومقاومة بدء حركة ثانياً — تقليل المقاومة تدريجياً (كما هو الحال فى جهاز بدء حركة محرك التوالى) الى أن تقطع كلية فيسير المحرك بأقصى سرعة ممكنة حيث يصير الضغط الكهربائى على طرفيه مساوياً للقوة الدافعة الكهربائية المستمدة من الينبوع الكهربائى كما هو مبين بشكل ١٩٦

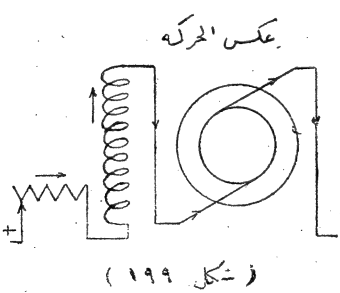
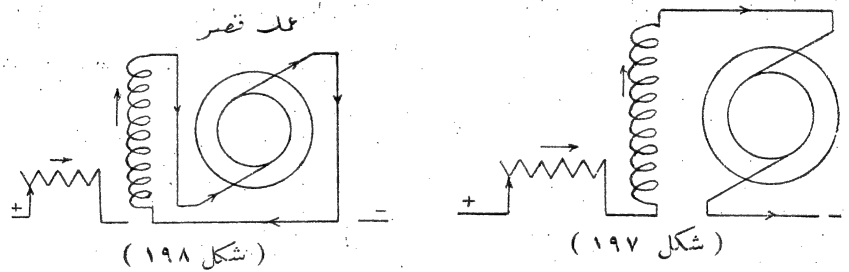
ثالثاً — اذا نزلت القاطرة من منحدر فمهمة المنظم فتح الدائرة الكهربائية للمحرك ثم توصيل طرفى المحرك ببعضهما أى عمل قصر فيه . وبما أن حركة المحرك ناتجة عن اندفاع القاطرة بتأثير المنحدر فالطاقة الميكانيكية المحركة له

تتحول الى طاقة كهربائية ويسير المحرك كدينامو فيتولد فيه تيار كهربائي اتجاهه عكس التيار الأول (أى الذى كان مستمداً من الينبوع الكهربائى) وعلى ذلك يتولد عزم رجعى يكون بمثابة فرملة تمنع المحرك من الاندفاع بشدة بتأثير جاذبية الارض

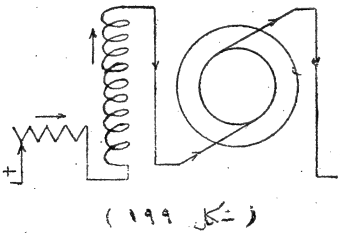


ولكن يجب عكس توصيلة لفات عضو التوليد فى هذه الحالة والاحيى المغناطيسية بتأثير المغناطيسية المتولدة حول لفات التوالى نتيجة عكس التيار الكهربائى عند ما يدور كدينامو وتكون النتيجة عدم توليد أى قوة دفعة كهربائية أثناء عملية

القصر الموضحة والشكل ١٩٨ يبين كيفية عمل القصر للمحرك الموصل للينبوع فى شكل ١٩٧. يلاحظ فى شكل ١٩٨ أن المحرك يدور كدينامو فيخرج تياراً بعكس التيار المستمد من الينبوع فى شكل ١٩٧ (حيث يدور فى هذا الشكل



كمحرك) ولكن اتجاه هذا التيار فى لفات عضو التوليد لم يتغير كما هو ظاهر ثالثاً - عكس حركة القاطرة وذلك بعكس التيار المار فى الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط كما هو مبين فى شكل ١٩٩ حيث يلاحظ

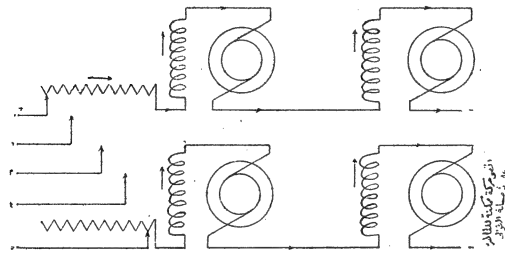


أن التيار معكوس في الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط وعلى ذلك تنعكس الحركة رابعاً — عند عكس الحركة يجب توصيل جهاز مقاومات بدء الحركة وتقليل المقاومات تدريجياً كما هو الحال في الشرط الاول

الفصل الثاني

استعمال محركين في القاطرة

بند ١٥٣ — أما اذا كان مستعملاً محركين كما هو متبع فهمة المنظم هي أولاً — توصيل المحركين بالتوالي (اذا كان العدد اثنين وهو الغالب) ببعضهما مع مقاومات بدء الحركة . فالفلت على طرفي كل منهما أقل من نصف الفلت المستمد من الينبوع الكهربائي بمقدار ما فقد في المقاومات ثانياً — تقطع المقاومات تدريجياً حتى يصير الفلت على كل منهما مساوٍ لنصف الفلت المستمد من الينبوع فتكون حركة القاطرة أقصى ما يمكن على



هذه التوصيلة . وشكل

٢٠٠ يبين ذلك

ثالثاً — يوصل

المحركان بالتوازي ببعضهما

وفي طريقهما مقاومات

(شكل ٢٠٠)

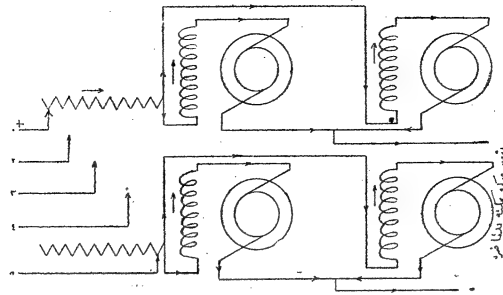
بدء الحركة . فالفلت على طرفي كل منهما أقل من الفلت المستمد من الينبوع بمقدار ما فقد في المقاومات

رابعاً — تقطع المقاومات تدريجياً حتى يصير الفلت على كل منهما مساوٍ لفلت الينبوع وبديهي أن سرعة القاطرة في هذه الحالة تساوي ضعف سرعتها

في الحالة الاولى لأن الفلت على طرفي كل من المحركين تضاعف . وهي أقصى سرعة

ممكنة للقاطره والشكل

٢٠١ يبين ذلك



خامساً -- عكس

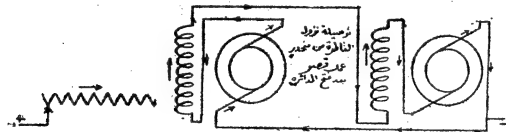
حركة المحركين وذلك

بعكس التيار في فرش

ولفات عضو استنتاج

(شكل ٢٠١)

كل منها بالطريقة المتبعة بشكل ١٩٩ واتباع الطرق الاربعة السابقة في تسير القطار



سادساً -- قطع دائرة

التوصيل وعمل قصر في المحركين

ليدورا كدينامويين لعمل

(شكل ٢٠٢)

فرملة كما هو الحال في المهمة الثالثة في بند ١٥٣ . والشكل ٢٠٢ يبين ذلك

الفصل الثالث

جهاز منظم حركة محرك واحد أثناء استعماله في القاطرات

بند ١٥٤ - الشكل ٢٠٣ عبارة عن منظم حركة محرك واحد أثناء

استعماله في القاطرات الكهربائية وهو عبارة عن اسطوانة نصف محيطها ب

معد لحركة المحرك في اتجاه معاكس للاتجاه الذي يسير به بالنصف الآخر

وكل منهما مثبت على سطحه قطاعات من النحاس منها ما يساوي طوله طول

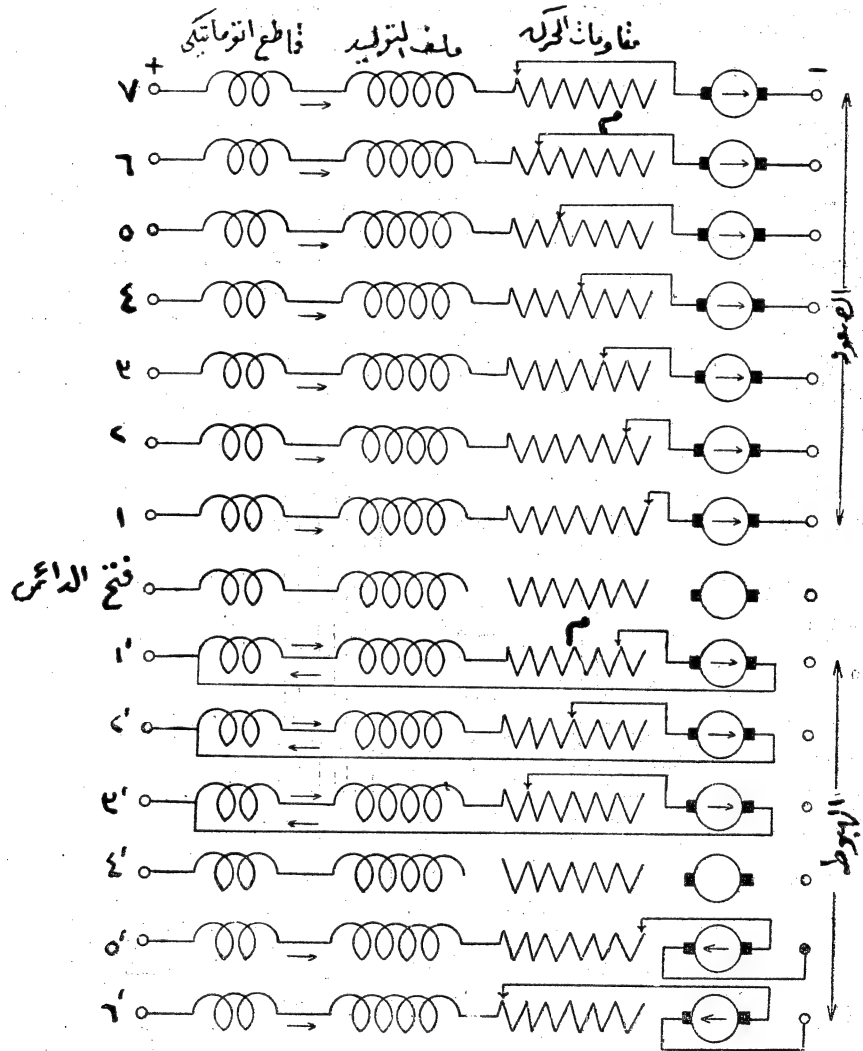
نصف محيط الاسطوانة مثل هـ و ح ومنها ما يغطي جزءاً منه

مثل ل و ع و د . الخ وموصلة ببعضها ولكنها تختلف في الوضع على طول

الفصل الرابع

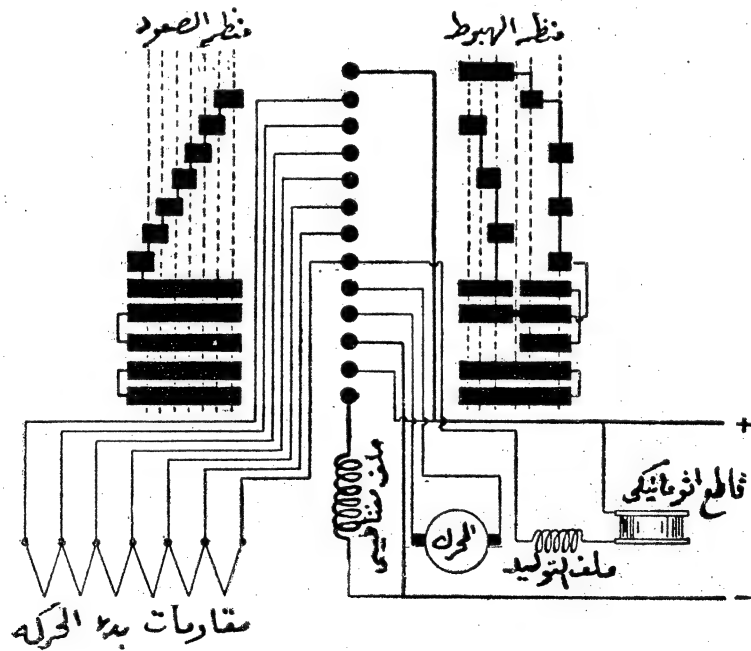
منظم محرك توالي عند استعماله في العبارات

بند ١٥٥ - الشكل ٢٠٥ يبين الرسم التخطيطي لدرجات هذا المنظم عند استعماله في العبارات . فالدرجات المبينة بالرسم من ١ الى ٧ تبين درجات المنظم



عند الصعود بالحمل وهي لا تختلف عن درجات منظم حركة محرك القاطرة الكهربائية (ذات المحرك الواحد) من بدء حركته لأقصى سرعته أما عند هبوط الحمل (أو العيار) فحركته ناتجة عن جاذبية الأرض له أي ناتجة عن ثقله . فمهمة المنظم محصورة في إدارة المحرك كدينامو وذلك بقطع الدائرة الكهربائية وتوصيل طرفيه ببعضهما (كما هو الحال عند نزول القاطرة الكهربائية من منحدر « بند ١٥٢ »)

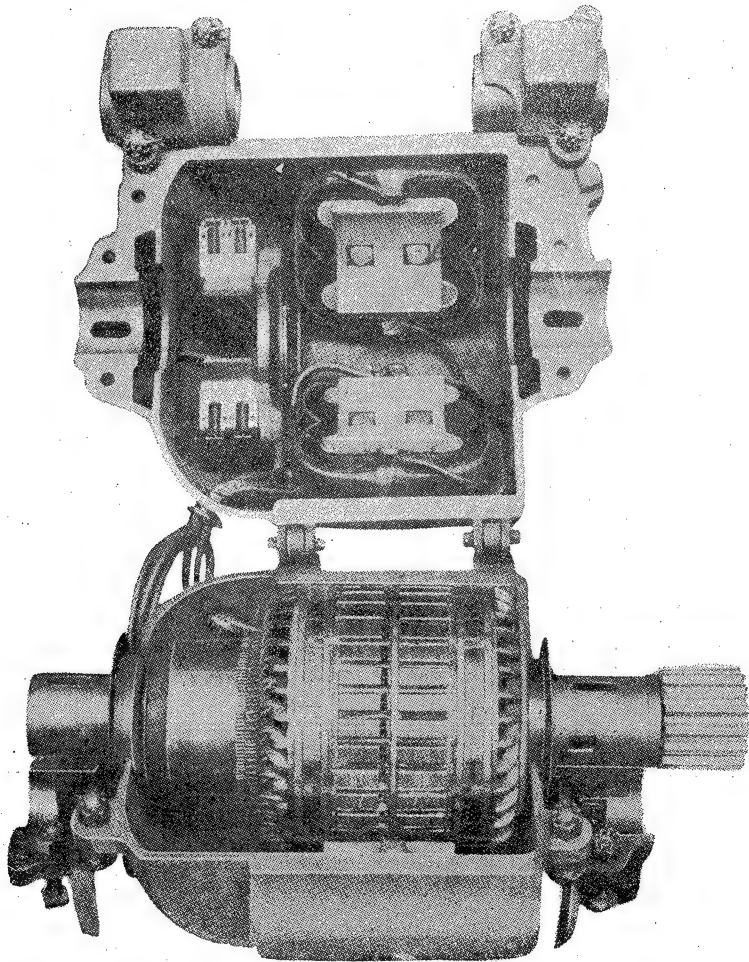
فالدرجات من ١ إلى ٣ تبين كيفية عمل المحرك كدينامو . ونلاحظ أن المقاومة م تنقص تدريجياً لتزيد قدره الفرملية ضد عجلة اندفاع الحمل ففي الدرجة ٣ تبلغ الفرملة أقصى ما يمكن . فالحمل ان كان خفيفاً جداً فربما أدت هذه الفرملة (نمرة ٣) إلى إيقافه معلقاً . ففي هذه الحالة يجب توصيل المحرك للينبوع الكهربائي (ليساعد الحمل على النزول) كما هو الحال في التصاعدي . ولكن الحركة تكون تصاعدية . إذاً يجب في نفس الوقت عكس التيار في لفات عضو الاستنتاج لتكون الحركة تنازلية والدرجتان ٥ و ٦ معدتان لذلك



(شكل ٢٠٦)

أما اذا كان الحمل ثقيلاً وقادراً على تميم رحلته التنازلية بتأثير ثقله فتستعمل الدرجة نمرة ٤ حيث تفتح دائرة المحرك . والشكل ٢٠٦ يبين كيفية توصيل المنظم وتركيبه كتركيب المنظم السابق (شكل ٢٠٣) من حيث القطاعات وتقسيم اسطوانته الى نصفين أحدهما للصعود والاخرى للنزول ويمكن تتبع سير التيار الكهربائي في كل حركة . ومهمته هي تماماً كالموضح في الرسم التخطيطي

كيفية وضع المحركات في القاطرة



(شكل ٢٠٧)

بند ١٥٦ - يوضع كل محرك من المحركين (ان كانت القاطرة ذات محركين) داخل علبة تبرز من داخلها أقطاب عضو التوليد كما هو مبين بالرسم الفوتوغرافي شكل ٢٠٧ . ويعشق طنبور المحرك بمحور دوران القاطرة . وتروس التعشيق مبينة بارزة من العلبة

ويوضع احدى المحركين من أمام والآخر من خلف القاطرة

تمرينات على الباب الثاني عشر

- (١) ما هو نوع المحرك المستعمل في القاطرات الكهربائية وما السبب في استعمال هذا النوع دون غيره من المحركات
- (٢) اشرح مع الرسم الطريقة الكهربائية المستعملة في القاطرات الكهربائية لمنع القاطرة من الاندفاع عند نزولها من منحدر
- (٣) كيف تعكس حركة القاطرة الكهربائية وما هي الاحتياطات اللازمة عملها لتنفيذ ذلك
- (٤) اشرح منظم حركة قاطرة كهربائية ذات محرك واحد
- (٥) ما هي الأغراض اللازمة تأديتها لمنظم حركة محرك معد لرفع وخفض العيارات
- (٦) ارسم مع الشرح الرسم التخطيطي للمنظم المستعمل في السؤال السابق
- (٧) ارسم مع الشرح الرسم التخطيطي لمنظم حركة قاطرة ذات محركين

الباب الثالث عشر

أجهزة الزمن المستعملة لصيانة الأجهزة والدوائر الكهربائية

الفصل الأول

المصهرات

بند ١٥٧ — المصهرات هي طريقة تستعمل لحماية الدوائر الكهربائية من الخطرات الناشئة عن تزايد التيار الكهربائي عن حده الأقصى المفروض له وهي تحتوى على سلك قصير أو قطعة محمولة بين طرفين ومتصلة بالتوالي مع الدائرة أو الدوائر الكهربائية. ويختار سطح القطاع للمصهر بحيث إذا زاد التيار الكهربائي عن حده الأقصى في الدائرة ينصهر فيقطع التيار الكهربائي قبل أن يكون هناك فرصة للتيار المتزايد لحدوث أخطار مثل الحريق أو أفساد الأجهزة الرئيسية كالمصابيح في دوائر الانارة. ومن الواضح أن المصهر إذا وصل إلى درجة حرارة ثابتة فهذا يدل على أن مقدار الحرارة المتولدة فيه تساوى مقدار الحرارة المفقودة منه بطريقة التوصيل والحمل والتشعع. وبما أن مقدار الحرارة المتولدة فيه يتوقف على طبيعة سطح المصهر فكل تغيير فيه مثل وجود أوساخ عليه يؤثر على درجة حرارته وعلى ذلك يؤثر على قيمة التيار اللازمة لانصهاره وهذه القيمة أيضاً تتوقف على طول المصهر الخ

انواع المصهرات

بند ١٥٨ - المصهرات المكشوفة أى الغير محصورة فى غلاف وخطر هذا المصهر واضح خصوصاً فى التيارات القوية لأن المادة الذائبة من المصهر عند انصهاره ربما انتشرت بقوة الانصهار ولو كانت بجوارها أى مادة قابلة للاحتراق أدى ذلك لحصول حريق .

المصهرات المقفولة « كلياً أو جزئياً » هى مصهرات موضوعة فى غلاف من الصينى لمنع الاحتراق ولاجل التثبيت من ذلك توجد مصهرات موضوعة فى اسطوانة من الصينى مملوءة بمواد غير قابلة للاحتراق مثل الرمل أو الطين أو الطباشير الفرنسى وهذا لمنع حدوث أى قوس كهربائى

الاعراض المختلفة من المصهرات

بند ١٥٩ - فى بعض الدوائر مثل دوائر الاضاءة مثلاً يجب أن لا يكون هناك وقت بين زيادة التيار وانصهار المصهر أى أن التيار ينقطع دفعة واحدة . ولكن اذا كانت الدائرة بها محرك فالمصهر المطلوب فى هذه الحالة لا يجب أن يكون من النوع السريع الانصهار بل يجب أن ينصهر ببطء .

وتتوقف سرعة الانصهار على مادة المصهر . فالمعدنين المستعملين فى الحالة الاولى للتيارات الكبيرة هما النحاس والفضة

ولو أن النحاس أرخص من الفضة الا أنه قابل للتأكسد ولذلك ينكش عند استعماله بقصدير أو فضة

أما أحسن معدن يمكن استعماله فى الحالة الثانية فهو الزنك

درجۃ انصهار المعادن

بند ١٦٠ — تتوقف درجۃ انصهار السلك عل نوع معدنه وشدة التيار الكهر بائی فيه اللازم لحصول الانصهار وطوله . فلو فرضنا أن س أمبير شدة التيار اللازمة لانصهاره u = قطر السلك فقد دلت التجارب علی أن السلك ينصهر اذا كانت $s = u \times \frac{4}{\pi}$ بفرض أن e عدد ثابت والجدول الآتی یبین قيمة هذا العدد الثابت وهو مأخوذ من احدى المحاضرات التي القاها السیر (W. W. Preece) بالجمعية الملوکیة بانجلترا

العدد الثابت حسب الوحدات المأخوذة لقطر السلك			المعدن
القطر بالمليمتر	القطر بالسنتيمتر	القطر بالبوصة	
٨٠	٢٥٣٠	١٠٢٤٤	نحاس
٥٩,٢	١٨٧٣	٧٥٨٥	اليومينوم
٤٠,٤	١٢٧٧	٥١٧٢	بلاتين
٤٠,٨	١٢٩٢	٢٥٣٠	فضة ألمانی
٣٧,١	١١٧٣	٤٧٥٠	بلاتينويد
٢٤,٦	٧٧٧,٤	٣١٤٨	حديد
١٢,٨	٤٠٥,٥	١٦٤٢	قصدير
١٠,٣	٣٤٠,٦	١٣٧٩	رصاص
			سبيكة من الرصاص
١٠,٨	٣٢٥,٥	١٣١٨	والقصدير بنسبة ١:٢

مثال ذلك

أوجد التيار الكهر بائی اللازم لانصهار سلك من النحاس قطره $\frac{1}{8}$ بوصة

الحل : —

العدد الثابت لانصهار النحاس الذى قطره مأخوذ بالبوصة يساوى من الجدول السابق ١٠٢٤٤

$$S = 10.244 \times \left(\frac{1}{3}\right) = 3.4147$$

$$= 3.4147 \times 10.244 = 34.96 \text{ أمبير}$$

وعادة يحدد التيار الكهر بائى لانصهار المصهر بمقدار ٧٥ ٪ زيادة عما تحتمله الدائرة

الفصل الثانى

القواطع الاوتوماتيكية

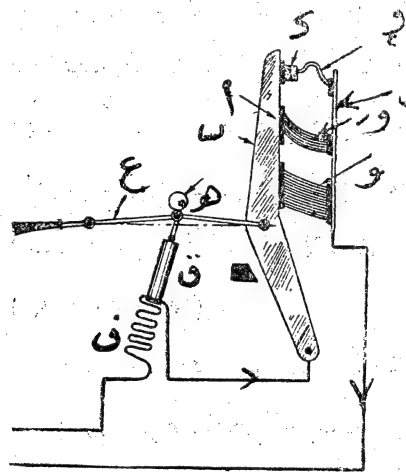
بند ١٦١ — القواطع الاوتوماتيكية هى من أهم أجهزة الأمن المستعملة فى الدوائر الكهر بائية وهى تشمل كل جهاز يصمم لقطع الدائرة الكهر بائية فى حالات مخصوصة لحصول قصر فى الدائرة أو لزيادة الحمل عن طاقة الديناموات المستمدة منها القدرة الكهر بائية فى الدائرة أو هبوط الحمل أقل مما يجب أو هبوط الفلت أو عكس التيار الكهر بائى

والحقيقة أن القاطع الاوتوماتيكي يقوم مقام المصهر ومفتاح التوصيلة معاً الا أنه يمتاز عن الاثنين بالسرعة سواء فى قطع أو وصل الدائرة وبذلك يمكن بواسطته تفادى أى عطل بين قطع ووصل التيار الكهر بائى . ذلك العطل الذى يكون محسوساً بين انصهار المصهر وتجديده فى كل آونة يحصل فيه زيادة فى الحمل عن طاقة المولدات . ومن مميزات القاطع الاوتوماتيكي انه يمكن تصحيحه ليقوم بمهمته عند وصول الحمل لآى حد يخشى منه

وأهم أجزاء هذا الجهاز الجزء الخاص بفتح مفتاح الجهاز بطريقة اوتوماتيكية وكذلك الجزء الخاص بمنع حصول شرارة كبيرة بين وصلتي القطع الناتج عن

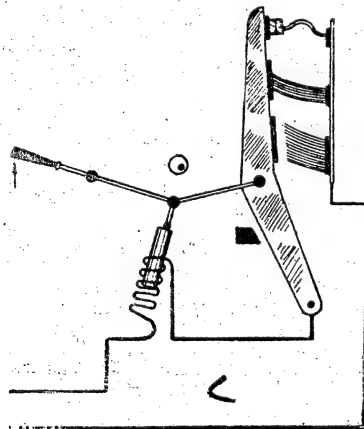
الاستنتاج الذائى الحاصل من وجود مغناطيس كهربائى فى تصميم الجزء الاول وهذه الشرارة غير مرغوب فيها لانها تحرق نقط النحاس الرئيسية

والاشكال الاربعة المبينة (٢٠٨ - ٢١١) تبين التصميم المبدئى لقاطع



(شكل ٢٠٨)

شعب أيضاً من النحاس ولكنها أقل عدداً وأطول بروزاً من الاولى فمقاومتها لمرور التيار الكهربائى أكبر من الاولى . أما الثالثة و فمكونة من شعبة



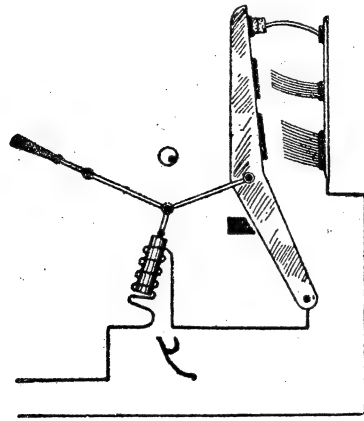
(شكل ٢٠٩)

واحدة أطول بروزاً من الثانية وتنتهى بوصلة من الكربون و . وبما أن مقاومة الكربون لمرور التيار الكهربائى أكبر من مقاومة النحاس فالتوصيلة الثالثة مقاومتها أكبر بكثير من الثانية والاولى

فاذا وصلنا طرف المغناطيس الكهربائى ف . وطرف اللوح النحاس ل بالتوالى مع الدائرة أو الدوائر الكهربائىة أى فى طريق

التيار الكهربائى . فهذا الأخير يمر من اللفات ف الى الذراع ب الى اللوحة

النحاسية «ل» عن طريق الشعب أو التوصيلات الثلاثة المبينة. والشكل ٢٠٨ يبين ذلك فالقلب الحديدى يكون تحت تأثير قوتين مضادتين . الاولى قوة الرافعة ع حيث تعدى مركزها المفصلى محورها الافقى والثانية الجاذبية الناشئة من المغناطيسية

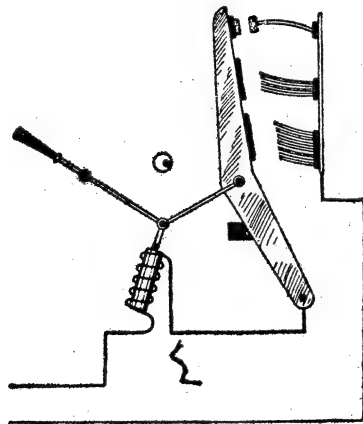


(شكل ٢١٠)

المتولدة فى قلب اللفة و بما أن التدفق المغناطيسى يتناسب مع أمبير لفات هذا الملف . إذا لوزاد التيار عن حد محدود تزيد الجاذبية المغناطيسية للقلب عن قوة الرافعة المفصلية فتنتفح الدائرة كما نراه فى الاشكال الثلاثة (٢٠٩ - ٢١١)

وأول ما ينفصل من الشعب النحاسية عن ذراع التوصيلة هى التوصيلة الاولى

«و» لقصرها عن الثانية والثالثة . فالمقاومة لمرور التيار تزيد فيهيبط التيار الكهربائى (شكل ٢٠٩) ثم تليها التوصيلة الثانية لأنها أقصر من الثالثة فيقل التيار الكهربائى جداً لأن مقاومة التوصيلة الثالثة كبيرة جداً للسبب المذكور (شكل ٢١٠)

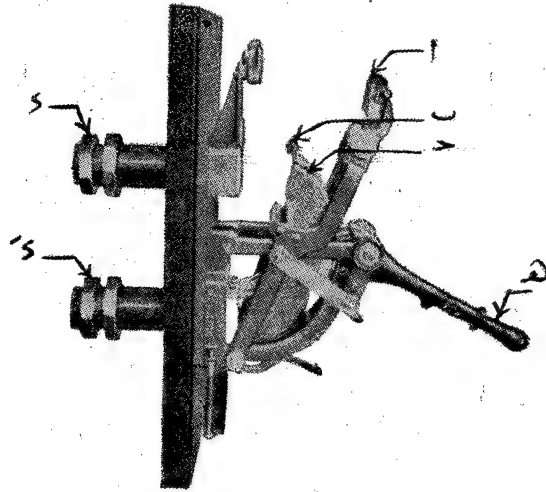


(شكل ٢١١)

فالشرارة التى تحصل عند قطع الدائرة كاية تكون (شكل ٢١١) بسيطة جداً لا تؤثر الا على التماس الكربونى وهذا يمكن تغييره بسهولة كلما تأكل مع توالى الزمن نتيجة الحرارة المتولدة فيه

والشكل ٢١٢ يبين قاطعاً أو توماتيكياً مصمماً على هذه النظرية لشركة (westinghouse) ومبين فيه طرفا التوصيلة ٦ و ٥ والشعب النحاسية (وهى مقوسة

الشكل («ح» والبروز النحاسي ب ٦ التماس الكربوني ١ .
فاذا وصلنا التيار الكهربائي وذلك برفع اليد ه فالتيار الكهربائي يمر من
و مثلاً الى ز عن طريق الشعب والبروز والتماس الكربوني فاذا زاد الحمل



(شكل ٢١٢)

عن حده أنتج المفتاح بتأثير
مغناطيس كهربائي (وهو
ظاهر في شكل ٢١٣ ٦
٢١٤ وتصميمه واحد في
الشكاين) فينقطع التيار
الكهربائي من التماس
الرئيسي ح (وهي الشعب
النحاسية) أولاً ثم البروز
وأخيراً التماس الكربوني

الفصل الثالث

الطريقة المغناطيسية في اطفاء القوس الكهربائي

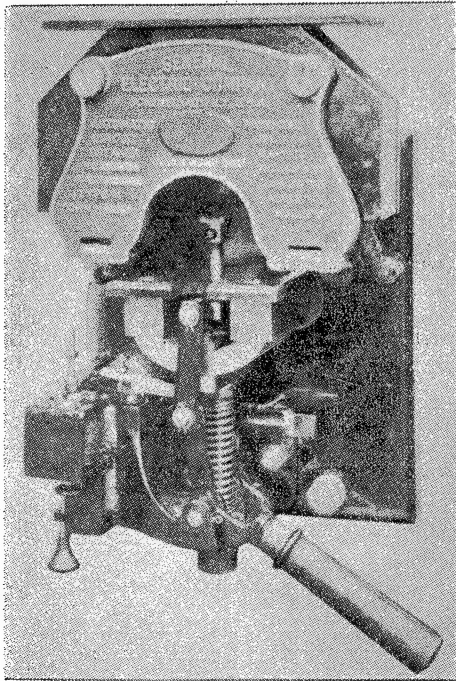
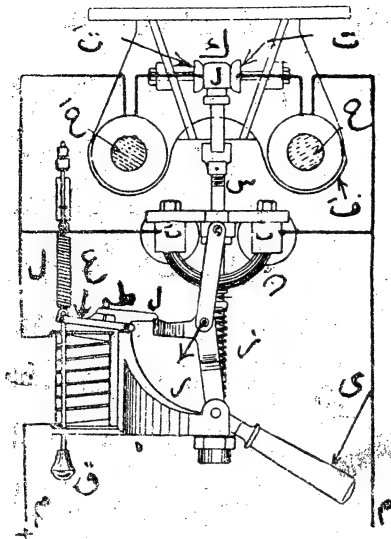
بند ١٦٢ — القوس الكهربائي يتولد بين سطحين (أو نقطتين)
متلامسين يمر بينهما تيار كهربائي قوى عند ما ينفصلان لقطع هذا التيار
وهذا القوس يحصل نتيجة الاستنتاجات الذاتية المتولدة لدفع هذا التيار
الكبير ضد مقاومة الشغرة الهوائية بين سطحي التلامس عند انفصالهما
وقد دلت التجارب على أن هذا القوس الكهربائي مثله مثل سلك يحمل
تياراً كهربائياً ولذلك يمكن تطبيق قانون فرداي علمه . أى أنه اذا حصل هذا
القوس في مساحة مغناطيسية وكان طوله عمودياً على اتجاه خطوط هذه الساحة

تحرك القوس في اتجاه متعامد على اتجاه هذه الخطوط

إذا يمكننا تجنب تأثير هذا القوس على سطحى التلامس عند انفصالهما إذا صممنا مغناطيسياً كهربائياً بحيث أن القوس يحصل فى مساحته المغناطيسية بالشروط السابقة. فحركة القوس الناتجة عن القوة المتبادلة بينه وبين خطوط قوة المساحة تقلل من كشافه فسطحىء بسرعة قبل أن يكون هناك وقت لتأثير حرارته على نقطتى (أو وصلتى) التلامس. والشكل (٢١٣)

٦ ٢١٤) عبارة عن قاطع
اتوماتيكي مصمم على هذه
النظرية فيما يخص تجنب تأثير
القوس الكهربي المتولد نتيجة
قطع الدائرة . أما التصميم
الاتوماتيكي فلا يختلف نظرياً
عن التصميم في الاشكال
السابقة

والجهاز مكون من ألواح نحاسية مقوسة الشكل تتلامس بطرفيها بالقطعتين الموصلتين بـ ٦ ب عند قفل المفتاح وهذه الألواح النحاسية



(شکل ۲۱۴)

مثبتة على عمود من الصلب س ولكنها معزولة عنه وهذا العمود يتحرك بحركة رأسية (من ٤ الى ٥ سنتيمتر) عند تحريك الرافعة المفصلية م بواسطة اليد «ى» ولقفل هذا المفتاح نضغط على اليد . ى . الى أن يصير ذراع الرافعة المفصلية م على استقامة واحدة فيتحرك العمود الصلب الى أعلا ضد الزمبل « ز » والعمود والرافعة المفصلية يمنعان من الرجوع (بتأثير قوة الزمبل) بواسطة سقاطه « ط » تمسك من طرفها ل بطرف ذراع الرافعة المفصلية السفلى بطريق التعشيق . وهذه السقاطة مثبتة برافعة ع مستويها مواجها لسطح مغناطيس كهربائى ف . ومثبت طرف هذه الرافعة من أعلى بميزان زنبركى ومن أسفل بشقل و .

أما الجهاز المعد لاطفاء القوس الكهربائى فهو عبارة عن قلبين حديديين ع ٦ ح . ملفوف عليهما ملف كهربائى ف . وهذا الملف يوصل بالتوازي مع الدائرة الرئيسية عن طريق تلامس القطعة الكربونية ل . المثبتة فى نهاية العمود س — بالوصلتين ت ٦ ت .

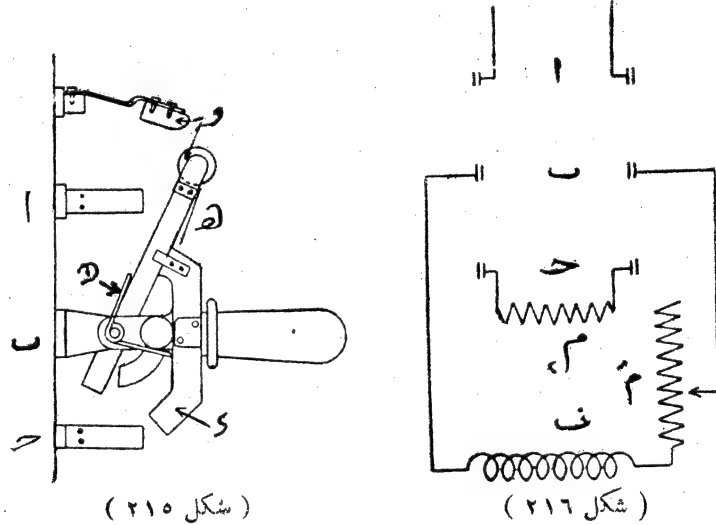
والجهاز يوصل فى طريق التيار الكهربائى العمومى من الطرفين م ٦ م . فالتيار يمر من م ، مثلاً الى ملف المغناطيس الكهربائى ف ثم يرجع للطرف م عن طريق الألواح النحاسية ه . وعن طريق الملف الكهربائى ف . فالمغناطيسية المنولدة فى قلب الملف ف تجذب الرافعة ع ضد قوة الميزان للزنبركى أى أن الميزان الزنبركى معارض لقوة الثقل و . وقوة مغناطيسية التيار الكهربائى فى الملف من ذلك يتضح لنا أنه يمكن بواسطة رفع وخفض موضع الميزان ان نجعل القوتين المضادتين متساويتين على أى قيمة للتيار الكهربائى بحيث لو تعدى التيار الكهربائى هذه القيمة فالقوة المضادة للميزان تزيد عن قوة هذا الاخير فتنجذب الرافعة ع الى أسفل فينفصل لسان السقاطة « ط » عن الذراع المغصلى فيفتح المفتاح بتأثير الزمبل ز . والتصميم معمول بحيث أن الألواح النحاسية ه تنفصل عن القطعتين الموصلتين ب ٦ ب . قبل أن تنفصل قطعة الكربون (فى أعلا العمود الصلب) عن توصيلة الملف الكهربائى ف . فيتحول التيار الكهربائى

كله الى دائرة الملف الكهربائي ف . فالقوس الكهربائي المتولد بعد فتح هذه الدائرة الأخيرة يطفأ بسرعة بواسطة تأثير المغناطيس الكهربائي

الفصل الرابع

قطع دائرة لفات عضو توليد دينامو

- بند ١٦٣ — عرفنا في بند ١١١ خطر قطع دائرة لفات عضو التوليد (سواء في المحركات أو الديناموات) اذا كان الدينامو أو المحرك من نوع التوازي أو المغذى من الخارج . وقلنا أن ذلك الخطر ناشئ عن اندفاع تيار كهربائي نتيجة الاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) المتولدة فيها عند قطع دائرته من ينبوع الكهرباء المغذى لها مما يؤدي الى حصول قوس . كهربائي بين وصلتي القطع



(شكل ٢١٥)

(شكل ٢١٦)

لذلك يستعمل مفتاح لقطع التيار من مثل هذه الدوائر ومصمم بحيث أنه عند قطع التيار الخارجي يوصل طرفا اللفات ببعضها أي تقفل على نفسها في وقت القطع فتتمر التيارات المستنتجة في دائرة اللفات وتنصرف القدرة الكهربائية المتولدة منها في اللفات في صورة حرارية تتشعع في الخارج . وعلى ذلك يمكن

تجنب حدوث أى شرر أو قوس كهربائى بين وصلتى القطع
والشكل ٢١٥ يبين المستوى الجانبي لهذا المفتاح وهو مزدوج أى أن كل
قطعة مبيّنة به يقابلها قطعة أخرى على المستوى الرأسى له فالتعشيقتان النحاسيتان
البارزتان ١ ٦ ح يقابلهما مثلهما على المستوى الرأسى. وكذلك الساق النحاسى
« هـ » واليالى « د » والتعشيقتان « و » والمنحنى النحاسى « ز »

والشكل ٢١٦ يحتوى على لفات عضو التوليد ف ومنظم الفلت المتولد م
وطرفى اللفات « ب » (نهاية بند ٧٧) ومقاومة م_١ طرفاها « ح » وقيمتها
لا تقل عن مقاومة لفات عضو التوليد. والاطراف المبيّنة ١ ٦ ب ٦ ح هى
نفس الاطراف المبيّنة فى المفتاح (شكل ٢١٥)

أى أن الطرفين « ب ». لفات عضو التوليد يوصلان بالطرفين « ب »
للمفتاح وكذلك الطرفان « ح » للمقاومة م_١ يوصلان للطرفين « ح » للمفتاح
والطرفان « ١ » يوصلان للينبوع الكهربائى المغذى لعضو التوليد
فاذا وصلنا الينبوع الكهربائى وذلك برفع ذراع التوصيلة للمفتاح فالساق
النحاسى هـ يتعشق فى التعشيقتين « ١ » والتعشيقتين « و ». والتعشيقتان
الآخرتان مصممتان بحيث أنهما يكونان أقوى فى مسك الساق من اليالى « د »
الدافع للساق الى الخارج (ومهمة هذا الأخير فتح المفتاح بسرعة بتأثير أى
ضغط ميكانيكى على ذراع المفتاح)

فالتيار الكهربائى يمر من أحد الطرفين « ١ » الى أحد الطرفين « ب » عن
طريق الساق « هـ » ثم يمر بلفات عضو التوليد ف بالمقاومة م_١ ومنها للطرف
الثانى للينبوع « ١ » عن طريق الساق الثانى « هـ ». فاذا ضغطنا على ذراع
المفتاح لاسفل . فالساق هـ ينفصل عن طرفى الينبوع « ١ » ولكن فى نفس
الوقت تتعشق نهايتا المنحنيين النحاسيين (وهما المشبّتان بالذراع كما هو مبين) بطرفى
المقاومة م_١ فيمر التيار الكهربائى المستنتج نتيجة قطع الينبوع الكهربائى من
أحد طرفى لفات التوليد « ب » الى المقاومة « م_١ » عن طريق أحد المنحنيين

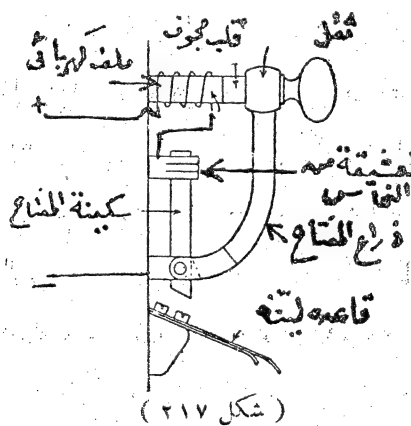
النحاسيين « و » ومنها للطرف الثاني « ح » للمقاومة « م » ثم الطرف الثاني « ب » للقات عضو التوليد عن الطريق المنحنى الثاني و وهكذا . وبذلك تتجنب بهذا المفتاح حصول اى قوس كهربائى بين « هـ » « ٦ » « ١ » عند فصلهما لفتح المفتاح

الفصل الخامس

عكس التيار الكهربائى عند شحن البطارية

بند ١٦٤ — قلنا فى بند ١٢٦ ١٢٧ أن عكس التيار الكهربائى فى دينامو التوازى أثناء الشغل لا ينتج عنه اى خطر عليه ولذلك يستعمل فى شحن البطاريات الثانوية ولكن ذلك ليس معناه عدم الاحتياط لذلك . خصوصاً وأنه يوجد خطر عظيم على دينامو الشحن والبطارية اذا أوقفت حركته قبل فصل البطارية عنه (وكثيراً ما يحدث سهواً)

فالنتيجه أن التيار الكهربائى يندفع من البطارية للدينامو حيث لا توجد اى قوة دافعة معاكسة وبما أن المقاومات التى تعترضه بسيطة جداً سواء كانت المقاومة الداخلية للبطارية أو الدينامو . فذلك يكون بمثابة حصول قصر فى دائرة البطارية فضلاً عن خطره على الدينامو نفسه



(شكل ٢١٧)

لذلك يجب توصيل قاطع اتوماتيكى لفصل الدينامو عن البطارية اتوماتيكياً عند هبوط أو عكس التيار بينهما . والشكل ٢١٧ يبين نوعاً بسيطاً من أنواع القواطع الاوتوماتيكية لهذا الغرض . وهو مركب من (١) مغناطيس كهربائى لفاته ملفوفة حول اسطوانة

مجموعة من النحاس ومتصل أحد طرفيها بأحد طرفي الدينامو وليكن الموجب مثلاً والطرف الثاني للملف متصل بتعشيقه من النحاس بارزة كما هو مبين (٢) ذراع المفتاح وهو مقوس الشكل وينتهى طرفه الاعلى بثقل يبروز من الحديد يدخل في قلب المغناطيس ويتصل طرفه الادنى بطرف البطارية الموجب (٣) سكينه المفتاح مثبت طرفها الادنى بطرف الذراع وتعشق بالتعشيقه النحاس عند قفل الدائرة (٤) قاعدة لينة لحمل الذراع عند فتح الدائرة

فعند قفل المفتاح فالتيار الكهربائي يمر من طرف الدينامو الموجب الى ما ف المغناطيس الى التعشيقه النحاس الى سكينه الذراع الى الطرف الموجب للبطارية ومن السالب للبطارية للسالب للدينامو

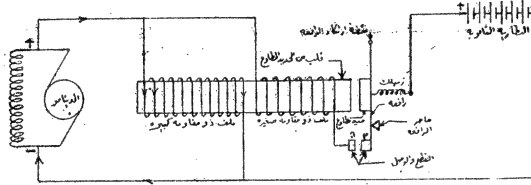
فالمغناطيسية المتولدة في قلب الاسطوانة الملفوف عليها الملف تجذب البروز الحديدي للذراع داخل القلب ضد الثقل وبما أن هذه الجاذبية تتوقف على أمبير لفات الملف الكهربائي فيمكن تصميم هذا المفتاح بحيث أن قوة الجاذبية تقل عن الثقل عند ما تهبط الشدة لاي قيمة مرغوب فتح المفتاح فيها . حتى اذا وصل التيار الكهربائي لهذه القيمة يدفع الثقل الذراع للخارج فتترك سكينه المفتاح التعشيقه النحاس فتفتح الدائرة قبل أن ينعكس التيار الكهربي

مفتاح لقطع ووصل الدائرة اتوماتيكياً

بند ١٦٥ — هذه المفاتيح تمتاز عن سابقتها بأنها مضممة ليس فقط لفتح الدائرة اتوماتيكياً بل ووصلها اتوماتيكياً عند ما يزول الخطر الذي سبب فتحها وهي تستعمل في دوائر الانارة في عربات القاطرات البخارية حيث الانارة الكهربية تستمد من بطارية ثانوية ودينامو يدور بواسطة محور دوران العربة وبما أن سرعته مرتبطة بحركة القاطرة فهي غير ثابتة . وعلى ذلك فلا بد من وجود مفتاح اتوماتيك بين البطارية والدينامو المغذى لها مهمته قطع الدينامو عن البطارية اذا قلت السرعة أو وقف القطار . ووصلها اتوماتيكياً عند بلوغ

السرعة التي تؤدي الى رفع فلت الدينامو بحيث لا ينعكس تيار البطارية في اتجاه الدينامو والشكل ٢١٨ يبين تصميم هذا الجهاز . والاجزاء المركب منها المفتاح مبينة على الرسم بوضوح بحيث لا تحتاج لاعادة ذكر كل جزء منها . وكذلك كيفية توصيله للدينامو والبطارية

ففي بدء الامر سيمر تيار كهربائي من الدينامو للملف ذي المقاومة الكبيرة



(شكل ٢١٨)

ويرجع على الطرف السالب للدينامو فالمغناطيسية المتولدة في قلب هذه اللفات تجذب قطعة الحديد

المطووع المتصلة بالرافعة فتصل قطعة الحديد « م » المثبتة في نهاية الرافعة بقطعة الحديد « هـ » المثبتة في جسم الجهاز والمتصل بها طرف الملف الثاني ذي المقاومة الصغيرة فيمر التيار الكهربائي من الدينامو بالبطارية لشحنها عن طريق هذه الملفات وقطعتي الحديد المتلامستين م ٦ هـ

فاذا انعكس التيار الكهربائي لهبوط سرعة الدينامو فالمغناطيسية حول اللفات ذي المقاومة الصغيرة تنعكس . أي تصير بعكس المغناطيسية المتولدة حول اللفات ذي المقاومة الكبيرة . وعلى ذلك تقل محصلة المغناطيسيتين فترجع الرافعة بتأثير قوة الزنبل حيث أصبحت قوته أكبر من جذب المغناطيسية في القلب الحديد فتنفصل قطعتا الحديد عن بعضهما وتقطع دائرة البطارية من الدينامو . واذا زادت سرعة الدينامو فالمغناطيسية الناتجة عن اللفات ذي المقاومة الكبيرة والمتصلة دائماً بطرفي الدينامو ستزيد . والجهاز مصمم بحيث أن أمبير لفات هذا الملف الاخير تزيد قوة مغناطيسيتها على قوة الزنبل عندما يصل فلت الدينامو لقيمته القانونية

اذاً عندما يصل الدينامو لسرعته وقوته الدافعة القانونيتين سيجذب القلب قطعة الحديد وتتصل البطارية بالدينامو

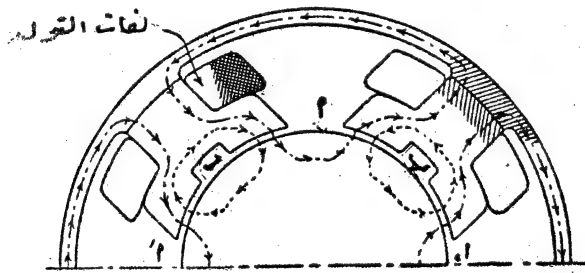
الفصل السادس

الديناموات المستعملة في عربات القاطرات البخارية لقصر الانارة

بند ١٦٦ — قلنا في بند ١٦٥ أن عربات القاطرات تنار بواسطة بطارية ثانوية ودينامو موضوع في أسفل العربى وموصل بالطريقة المبينة بشكل ٢١٨ و. أن حركة القاطرة غير ثابتة وليست في اتجاه واحد بل متغيرة الاتجاه وبالتالي سرعة الدينامو تكون غير ثابتة ومتغيرة الاتجاه لأنه مرتبط في حركته مع محور العربى المعشق به

إذا يجب مراعاة ذلك في دائرة البطارية والدينامو عند توصيلهما لهذا الغرض وقد اخترع روزنبرج دينامو يمتاز عن الديناموات الأخرى بعاملين الأول أن قوته الدافعة لا تنعكس بانعكاس حركته والثانى أن التيار الكهربائى المستمد منه لحمل ما يبقى ثابتاً مع هبوط سرعته لحد محدود يتوقف على تصميمه

وبدئى أن هاتين الميزتين يجعلانه أصلح من غيره فى الاستعمال فى مثل الدوائر السابقة لأنه يوفر كثيراً من النفقات اللازمة لتفادى تأثير عكس القوة الدافعة فى الديناموات الأخرى إذا استعملت مكانه . فضلاً عما يلزم من التصميمات لجعل التيار الكهربائى المستمد من الدينامو للانارة (وشحن البطارية الثانوية)



دينامو روزنبرج
(شكل ٢١٩)

ثابتاً بهبوط أو زيادة

السرعة لحد محدود

والشكل ٢١٩ يبين

دينامو روزنبرج وهو

يختلف عن الديناموات

المعروفة فيما يختص

بمساحة مقطع حامل الاقطاب ومساحة مقطع قلب القطب حيث نلاحظ أنهما ربيعان ما أمكن . فقيمة التدفق المغناطيسى المتولد فيهما على درجة التشبع أقل بكثير من قيمتها في الديناموات الاخرى على نفس الدرجة

ولتوصيل هذا النوع يعمل قصر في الفرش الاصلية « ١٦٦٦٠٢ الخ » أى الموضوعه في مناطق الحياض النظرية (وهى التى توصل للدوائر الخارجيه فى الديناموات الاخرى) . ولا خطر من هذا القصر فى هذا النوع لأن التيار الكهر بائى يكون بسيطاً لضعف التدفق المغناطيسى المتولد فى الاقطاب

أما دائرة الحمل فتوصل بالفرش ب ٦ ب ١ . الخ الموضوعه على قطاعات عضو التوليد المتصلة بلفات عضو الاستنتاج المواجهه لمنتصف الاقطاب كما فى الشكل . وتوصل لفات عضو التوليد على طرفى البطارية الثانويه . فقبل عمل قصر فى الفرش ١ ٦ ١ ٠ . الخ ففرق الجهد بين الفرش ب ٦ ب ١ . الخ = صفراً أى لا يمر أى تيار عند توصيل الدائرة الخارجيه لها (راجع شكل ٨٢ ٨٦٦) . أما بعد عمل القصر فرد فعل عضو الاستنتاج الناتج عن مغناطيسية تيار القصر يؤثر على مغناطيسية عضو التوليد . فحصلت هما تنحرف فى اتجاه الحركة (الباب الرابع) . أى أن منطقة الحياض العمليه تنتقل من موضعها النظرى فى ناحية الدوران فتتولد قوة دافعه كهر بائيه بين الفرش ب ٦ ب ١ . الخ بنسبه هذه المحصله المغناطيسيه

فالتيار الكهر بائى الخارج فى الدائرة الخارجيه ناتج عن هذه المحصله المغناطيسيه وليس ناتجاً عن التدفق المغناطيسى الاصلى فى الاقطاب وبما أن عكس حركه الديناموسينشأ عنه عكس تأثير رد فعل عضو الاستنتاج . أى أن التدفق المغناطيسى الناتج عن محصله المغناطيسيتين سينعكس

وبما أن القوة الدافعه الكهر بائيه المتولده تتناسب مع التدفق ت \times السرعة

(بند ٥١)

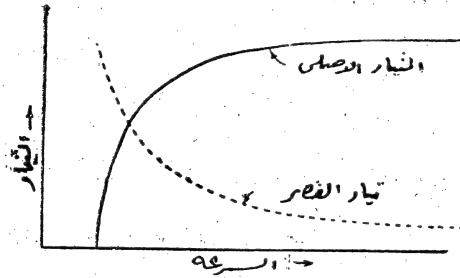
إذا لا تعكس القوة الدافعه بعكس السرعة وهو المطلوب

قلنا في الباب الرابع أن رد فعل عضو الاستنتاج يضعف من مغناطيسية

عضو التوليد

لذلك إذا قلت السرعة لحد ما يقل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج فتزيد مغناطيسية عضو التوليد فترفع القوة الدافعة قليلاً وعلى ذلك تصير شدة التيار ثابتة . ولكن ذلك لحد محدود . لأن السرعة إذا هبطت لدرجة أن هبوط القوة الدافعة الناشئة عن ذلك يكون أكبر من الزيادة الناشئة عن زيادة التدفق المغناطيسي فالنتيجة أن القوة الدافعة تهبط وكذلك شدة التيار

والخيطان البيانيان في (شكل ٢٢٠) يبينان العلاقة بين سرعة القاطرة (أو



الدينامو) وشدة تيار القصر

وشدة تيار الحمل . ومنه نلاحظ

أن شدة تيار القصر تهبط كلما

زادت السرعة

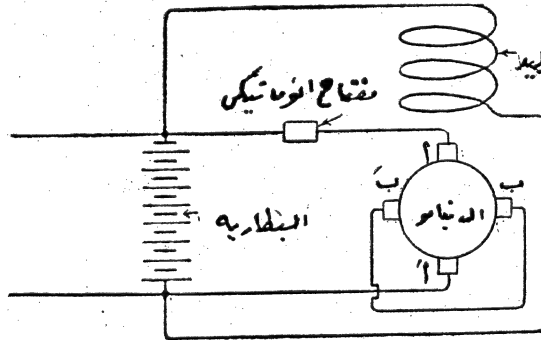
(شكل ٢٢٠)

وفي نفس الوقت تزيد شدة

تيار الحمل . ونلاحظ أنه يوجد على منحنى تيار الحمل حدان لأقصى سرعة وأقلها

يكون تيار الحمل فيه ثابتاً

والشكل ٢٢١ يبين كيفية توصيل دينامو روزنبرج بالبطارية والقاطع



الاولوماتيكي (شكل

٢١٨) . ونلاحظ أن

لفات عضو التوليد

متصلة على طرفي

البطارية كما قلنا .

فأمبير لفات عضو

التوليد تكون ثابتة مادام

ضغط البطارية ثابتاً

توصيله ودينامو روزنبرج بالبطارية

(شكل ٢٢١)

تمرينات على الباب الثالث عشر

- (١) ما هو الغرض من المصهرات في الدوائر الكهربية وما هو نوع المعدن أو المعادن التي تصلح لذلك وما هي الاحتياطات اللازمة اتخاذها لتلافي خطر انصهار المصهر
- (٢) أوجد التيار الكهربي بأى اللازم لانصهار سلك من النحاس قطره $\frac{1}{8}$ بوصة (راجع الجدول المبين ببند ١٦٠)
- (٣) اشرح مع الرسم قاطعاً اتوماتيكياً لقطع التيار الكهربي إذا زاد عن حده المسموح
- (٤) اشرح مع الرسم مفتاحاً اتوماتيكياً لقطع دائرة التوصيل إذا انعكس التيار الكهربي عن اتجاهه وآخر لفتح وقفل الدائرة اتوماتيكياً وعين أهم الدوائر التي يستعمل فيها هذا النوع الأخير
- (٥) اشرح نظرية الدينامو المستعمل لانهارة عربات القاطرات البخارية وامتيازه عن الديناموات الأخرى

الباب الرابع عشر

الموصلات ولوحة التوزيع

الفصل الأول

الموصلات

بند ١٦٧ - كل الموصلات الكهربائية لها مقاومات معينة تتوقف على نوع معدنها وطولها وسطح قطاعها. فإذا مر تيار كهربائي فيها فإن جزءاً من الطاقة الكهربائية نصرف فيها حيث تتغير إلى صورة حرارية بنسبة $s^2 m$ فترتفع درجة حرارة الموصلات تدريجياً حتى تتساوى نسبة تولد الحرارة مع نسبة مفقودها بطريق التشعع وفي هذه الحالة تبقى درجة الحرارة ثابتة إذا لم تتغير شدة التيار

ويتوقف ارتفاع درجة حرارة الموصل الذي يمر فيه تيار ثابت الشدة على :

(١) مقاومته الكهربائية

(٢) طبيعة سطحه المتشعع منه الحرارة

(٣) طبيعة الوسط المحيط بالموصل من حيث مادته وحالته

وعادة يستعمل النحاس في الموصلات اللازمة لنقل الطاقة الكهربائية وذلك لقلة مقاومته النوعية ولوأنه في حالات مخصوصة يستعمل الألومنيوم والحديد في الموصلات الجوية

والنحاس المستعمل يستخرج من المعادن الأخرى أما بواسطة الانصهار بالحرارة أو بطريقة الرسوب الكهربائي ويفضل دائماً في الدوائر العملية استعمال

النحاس المستخرج بالطريقة الاولى ولو أن الطريقة الثانية أقل تكاليفاً من الاولى إلا أن النحاس المستخرج بها لا يخلو من معادن غريبة ترفع من مقاومته أما تشعع الحرارة فيتوقف على حالة السطح من حيث لونه وملسه. فالسطح الاسود وذات الملبس الحشن يشعع الحرارة بنسبة ضعف الحرارة المتشععة من ذات الملبس الناعم وبنفس اللون. وقد رأى الاستاذ فوربس Forbos أن الجثة بنسبة Cotta-Pecha يشعع الحرارة أحسن من الكاوتش Rubber بنسبة

٤١٠٤٨

مساحة مقطع موصلات النحاس

بند ١٦٨ — مساحة مقطع موصلات النحاس اللازمة لنقل التيار الكهر بآى تتوقف على : —

(١) المفقود فى الموصل فى الماية المسموح به

(٢) أقصى درجة للحرارة المسموح للوصل لوصولها .

وقد أشارت جمعية المهندسين الانجليزية باستعمال القانون الآتى لايحاد

مساحة الموصل

$$S = 2.6 \times 10^{-8}$$

$S =$ شدة التيار بالامبير 6×10^{-8} = سطح القطاع بالبوصة المربعة. وبهذه

المعادلة أمكن تحديد درجة الحرارة النهائية الى ١٧° مئوى

وأما فى الدوائر العملية فان المهندسين وجدوا أنه يمكن تحديد كثافة التيار

الكهربائى فى الموصلات الى ١٥٥ أمبير للسنتيمتر المربع أو ١٠٠٠ أمبير للبوصة

المربعة من سطح القطاع . أى أن مفقود القوة الدافعة فى الاسلاك = ٢,٥ فلت

لكل ١٠٠ متر طولى

مثال ذلك

المطلوب ايجاد مساحة مقطع الموصل اللازم لتوصيل مجموعة مصابيح

كهربائية عددها ٢٠٠ مصباح والضغط اللازم لكل منها ٢٣٠ فلت والقدرة اللازمة لكل مصباح ٦٠ وات . اذا كانت المسافة بين مجموعة المصابيح والينبوع الكهربائي ١٠٠ متراً . مع العلم بأنه لا يسمح بأكثر من ٢,٥ ٪ من الضغط المطلوب على طرفي المصابيح ليفقد في الموصل

الحل

$$\text{شدة التيار في الموصل} = \frac{٢٠٠ \text{ مصباح} \times ٦٠ \text{ وات}}{٢٣٠ \text{ فلت}} = ٥٢ \text{ أمبير}$$

$$\text{مفقود القوة الدافعة في الموصل} = \frac{٢٣٠}{١٠٠} \times ٢,٥ = ٥,٧٥ \text{ فلت}$$

$$\text{مقاومة الموصل} = \frac{٥,٧٥}{٥٢} = ١١ \text{ ر}$$

$$\text{مساحة مقطع الموصل} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مقاومة الموصل}}$$

$$\text{المقاومة النوعية للنحاس} = ١,٦ \times ١٠^{-٦} \text{ أوم لكل سنتيم مكعب}$$

$$\text{وطول الموصل} = ٢ \times ١٠٠ = ٢٠٠ \text{ متراً} = ٢ \times ١٠ \times ٤١٠ \text{ سنتيمتر}$$

$$\therefore \text{مساحة مقطع الموصل} = \frac{١,٦ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ٤١٠}{١١}$$

$$= ٢٩ \text{ سنتيم مربع}$$

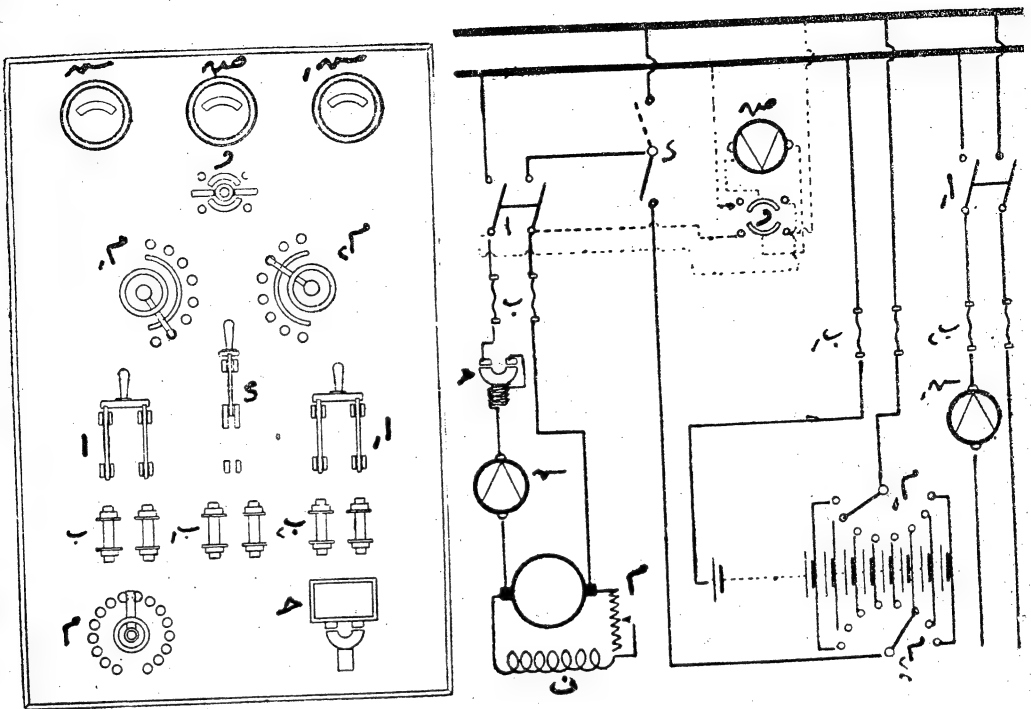
الفصل الثاني

لوحـة التوزيع

بند ١٦٩ — الغرض من لوحة التوزيع في المحطات الكهربائية هو جمع التوصيلات المتفرعة من الينبوع الرئيسى أو الفرعى فى لوحة واحدة قبل توزيعها للاعمال فى الخارج وتثبيت الاجهزة اللازمة من مفاتيح (اتوماتيكية وغير اتوماتيكية رئيسية أو فرعية) ومصهرات رئيسية أو فرعية . وأجهزة القياس ومنظمات الفلت . الخ . وتثبت جميعها على لوحة من الرخام وتنظم فى موضعها بحيث أن أجهزة القياس مثل الفلتمتر والامبير ومتر وعدد الشغل توضع فى اعلا اللوحة لان المهندس المختص يحتاج للوصول اليها بنظره فقط . وتليها القواطع الاتوماتيكية ثم المصهرات بحيث يتثنى للمهندس الوصول اليها بيديه اذا ما احتاج الأمر لذلك ويلى تلك القواطع والمصهرات المفاتيح الرئيسة والفرعية ثم منظمات الفلت

وجميع هذه الاجهزة توصل من خلف لوحة التوزيع بالينبوع أو الينابيع الكهربائية كل حسب وظيفته

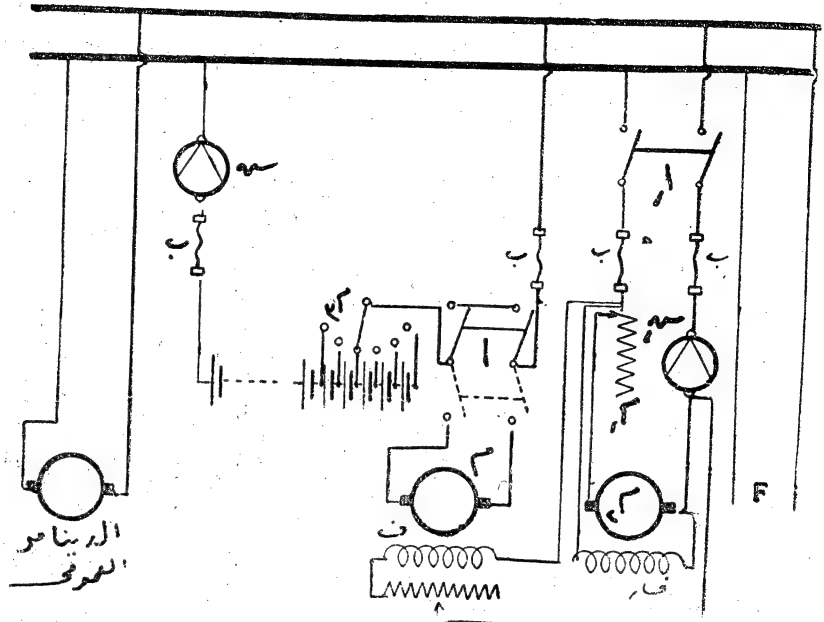
والاشكال المرسومة (٢٢٢ — ٢٢٥) عبارة عن محطات كهربائية مبين فيها كيفية توزيع الأسلاك الرئيسة والفرعية والاجهزة اللازمة وكيفية ترتيبها على الواح التوزيع المختصة بها . وكل شكل مبين تحته اسم كل جزء ونوع التوصيلات بحيث يتثنى فهمها بسهولة



(شکل ۲۲۳)

تفاصيل توصيلات لوحة توزيع كالسابقة غير أن منظم فلت البطارية من ناحيتين

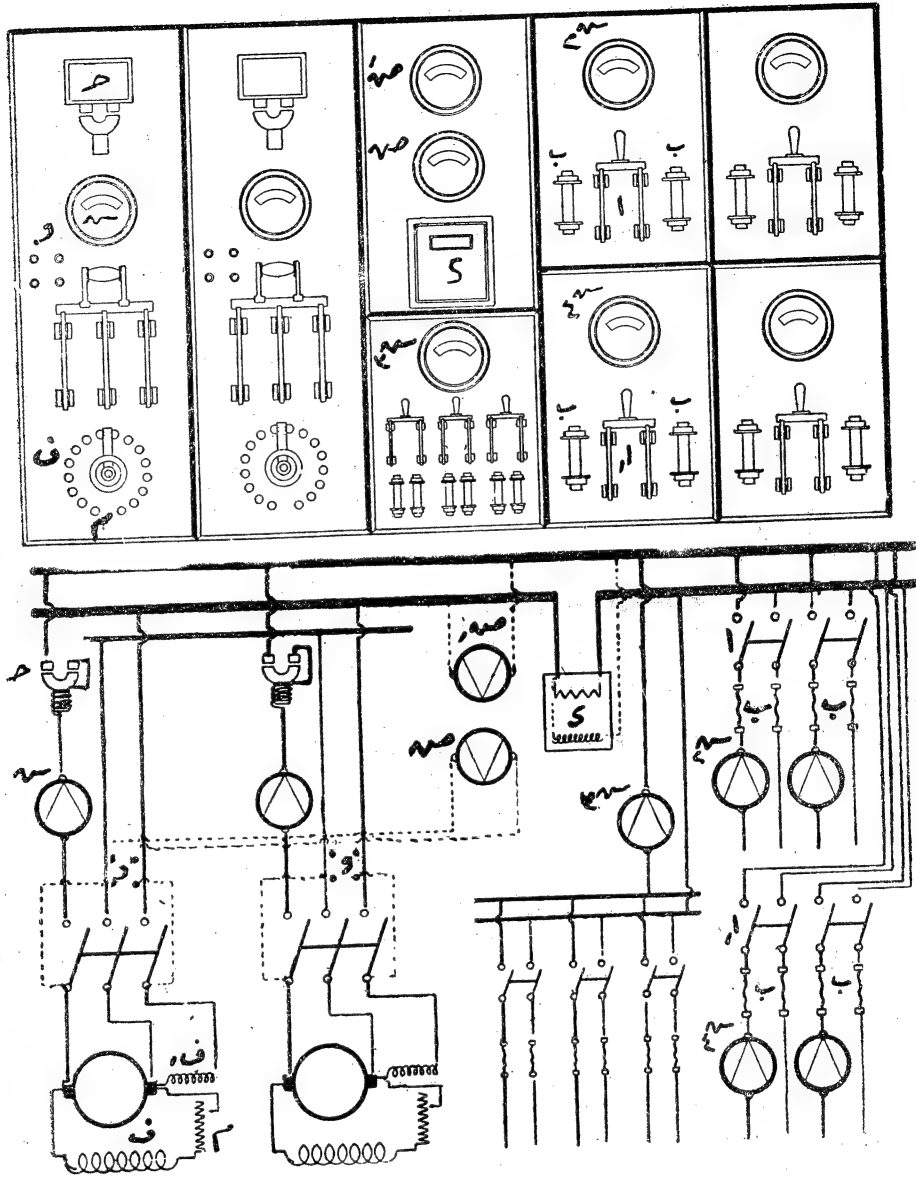
ف - لفات توليد (أوتنبية) الدينامو العمومي ٦ م - منظم فلت
الدينامو ٦ س - أمبير ومتر لقراءة شدة تيار الدينامو ٦ ح - قاطع اتوماتيكي
٦ ب - مصهر لتيار الدينامو ٦ ١ - المفتاح العمومي ٦ د - مفتاح
فردى بطريقتين لشحن أو تفريغ البطارية ٦ ص - فلتسمتر لقراءة الضغط
على الحمل أو القوة الدافعة للدينامو وذلك حسب توصيل المفتاح ٦ م، منظم
فلت تفريغ البطارية ٦ م، - منظم فلت شحن البطارية ٦ ب، مصهر دائرة
تفريغ البطارية ٦ ١ - مفتاح دائرة الحمل ٦ ب، - مصهر دائرة الحمل ٦ س،
- أمبير ومتر الحمل



(شكل ٢٢٤)

تفاصيل توصيلات لوحة توزيع للانارة بمنظم بطارية من ناحية واحدة
مضافاً اليها دينامو مساعد

- س — أمبير ومتر لقراءة تيار الشحن أو التفريغ للبطارية الثانوية
- ب — رمز للمصهرات في دوائر البطارية والدينامو المساعد والمحرك
- م — مفتاح الاعمدة الاحتياطية (شكل ١٩٥)
- ١ — مفتاح بطريقتين لتوصيل الدينامو المساعد «م» بالبطارية أثناء الشحن وفصله أثناء التفريغ
- ف — لفات عضو توليد الدينامو المساعد
- م — محرك الدينامو المساعد (وهو يستمد الحركة من السلكين الرئيسيين الموصلين للدينامو العمومي) وهو معشوق به
- ف — لفات عضو توليد المحرك
- م — مقاومات بدء حركة المحرك
- س — أمبير ومتر لقراءة التيار في لفات عضو توليد (أو تنبيه) المساعد وسلكا الدوائر الخارجية مبنان على يمين دائرة المحرك



(شكل ٢٢٥)

لوحة توزيع على ديناموين مركبين للانارة والحركة
 ف — لفات التوازي للدينامو م — منظم الفلت ف — لفات التوالى

والسلك الوسط من الثلاثة أسلاك المتفرعة من الدينامو الاول موصل بما يقابله
من الدينامو الثانى بسلك التعادل ك س — أمبير ومتر الدينامو ك ح —
قاطع اتوماتيكى ك و — مفتاح توصيل الفلتمتر ص ل قراءة القوة الدافعة للدينامو
الاول ك و ١ — مفتاح توصيل الفلتمتر ص ل قراءة القوة الدافعة للدينامو الثانى
ك ص ١ — فلتمتر لقراءة الضغط على طرفى الاحمال ك ز — عداد لقراءة
الشغل الكهربائى ك س ٢ ك س ٣ أمبير ومترات لقراءة شدة تيار الحركة فى
دوائر مختلفة ك ب ك ا ك ا ١ مصهرات ومفاتيح هذه الدوائر ك س ٣ أمبير ومتر
شدة تيار الانارة

الباب الخامس عشر

خلل الآلات الكهربائية وسببه وكيفية تصليحه

الفصل الأول

الدينامومات

بند ١٧٠ (١) — الخلل : الدينامو يدور بأكثر سرعة وغير متصل بالدائرة الخارجية ومع ذلك فالضغط الكهربائي على الفرش صفر السبب : فقد المغناطيسية الباقية في عضو التوليد من اهتزازات قوية أو محوها بمرور تيار التغذية في ملف العضو في اتجاه معاكس للمغناطيسية الباقية وكان الدينامو من النوع المغذى نفسه

التصليح : وصل تياراً من ينبوع خارجي كآلة أخرى أو بطارية مكشوفة في ملف عضو التوليد فيتمغطس العضو . وإذا لم ينجح ذلك اعكس سير التيار في الملف أو قو شدة التيار المار

٢ — الخلل : الدينامو يدور بأكثر سرعة وإنما لا يعطى أى فلت ولكن عند تحريك الفرش يبتدىء الدينامو في تغذية نفسه .

السبب : الفرش غير موضوعة في موضعها الصحيح

التصليح : على العموم فلت الدينامو عند عدم وجود أى حمل يكون صغيراً كلما بعدت الفرش عن موضعها الصحيح . إذا يجب تحريك الفرش حتى يعطى الفلتمتر أكبر قراءة .

٣ — الخلل : الدينامو يدور بأكثر سرعة وإنما فلته صغير ومتغير وإذا ضغط

على الفرش لأسفل يبتدىء الدينامو في تغذية نفسه .

السبب : رداءة الاتصال بين الفرش وعضو التوحيد

التصليح : الميككا أحسن المواد العازلة ولا عيب فيها غير أنها أكثر صلابة من النحاس الأحمر فلا تتآكل بسرعة كقطاعات عضو التوحيد ولذلك بعد مدة تصير بارزة . فعند حصول ذلك ترفع طبقة خفيفة من سطح عضو التوزيع بواسطة المخرطة .

ملحوظة : (لا تستعمل الصنفرة فقط في إزالة الميككا الزائدة لأنها لا تؤثر فيها بل تأكل من نحاس القطاعات)

٤ — الخلل : دينامو التوازي لا يغذى نفسه تماماً إلا إذا ازدادت شرعته أو ضعفت مقاومة دائرة ملف عضو التوليد

السبب : سرعة الدوران قليلة أو مقاومة دائرة التغذية كبيرة

التصليح : تغذية دينامو التوازي لنفسه يتعلق على حالتين

١ — أن يكون موجود مغناطيسية باقية

ب — أن لا تكون مقاومة التغذية كبيرة بالنسبة للسرعة المقررة له والا يقف الدينامو عن تغذية نفسه .

وقد تكبر مقاومة دائرة التغذية إذا حصل فيها قطع أو كان فيها اتصالات رديئة غير تامة وهذا مما يسهل معرفته وتصليحه . وفي حالة ما تكون المقاومة كبيرة جداً يستحسن عمل قصر في دائرتها في بدء العمل إلى أن تتم التغذية ثم توضع فيها المقاومة الضرورية لاعطاء الفلت الحقيقي أو تزداد السرعة إن كانت منخفضة

٥ — الخلل . الدينامو لا يعطى أى فلت وعند تغذيته من ينبوع كهربائي خارجي يحدث شرر كثير في الفرش ويمر تيار شديد في عضو الاستنتاج ينتج منه ارتفاع درجة حرارة العضو ارتفاعاً كبيراً .

السبب . قصر في دائرة الموصلات العمومية أو القضبان (قطاعات التوحيد) متصلة بالأرض .

التصليح . يبحث عن موضع القصر أو الاتصال بالأرض « وذلك بجهاز الميجر » ويلاحظ أنه إذا أدركنا محركاً من تيار خارج من الدينامو السابق ثم أوقفنا هذا المحرك بواسطة مفتاح التوصيل العمومي فكثيراً لا يرجع منظم بدء الحركة لموضعه الأصلي ويتسبب من ذلك حصول قصر في المحرك فإذا أعيد إدارته بقفل المفتاح العمومي فلا يتولد أي فلت في الدينامو التوازي إلا ما تولد من المغناطيسية الباقية فعلى ذلك يلزم أن يكون منظم بدء الحركة اتوماتيكياً أي أنه يشتغل بنفسه ويرجع لموضعه الأصلي عند ما ينخفض الفلت لمقدار معلوم .

٦ — الخلل . الدينامو لا يعطى أي فلت وعند تغذيته من تيار خارجي لا يصل فلتة للمقدار الحقيقي .

السبب . قصر في دائرة عضو الاستنتاج

التصليح . لايجاد القصر بطريقتان

١ — إما أن يغذى الدينامو من تيار خارجي ويدار مدة دقيقة أو اثنين ثم يلمس سطح عضو الاستنتاج باليد فالجزء الذي تظهر فيه حرارة أكثر من الباقي يكون القصر فيه

ب — وإما أن نوصل فرشتي الدينامو بتيار خارجي ضغطه يختلف من ٥

إلى ١٠ ٪ من ضغط الدينامو ثم نبحث عن الفلت « بواسطة فلتметр » بين كل قطاعين من قطاعات عضو التوحيد . فالقطاعان اللذان يكون الفلت بينهما صفرًا يكون القصر بينهما

ومتى عرف موضع القصر يصلح أن أمكن أو بغير لف عضو الاستنتاج

المسحوق الزائد الذي يحدث في عضو الاستنتاج

يند ١٧١ — الخلل . درجة حرارة عضو التوليد عادية وإنما درجة حرارة جميع أجزاء عضو الاستنتاج مرتفعة كثيراً مع وجود شرر في الفرش السبب . الآلة محملة زيادة عن طاقتها

التصليح . خفف الحمل

٨ — الخلل . ملفات عضو الاستنتاج ساخنة بانتظام ولا يوجد أثر للشرر السبب — وضع الفرش غير صحيح .

التصليح — في بعض الآلات وضع الفرش في غير محله الصحيح لا يسبب شرراً بل ارتفاعاً في درجة حرارة عضو الاستنتاج فلاجتنب ذلك يغير وضع الفرش

٩ — الخلل . وجود تيار شديد في الدينامو وهو غير محمل مع تساوى درجة حرارة لفات عضو الاستنتاج .

السبب — عكس اتصال في ملف أو أكثر من عضو الاستنتاج بسبب تيارات داخلية تمر داخل العضو .

التصليح — نوصّل تياراً (من بطارية مثلاً) الى كل لفة من لفات عضو الاستنتاج ثم بواسطة ابرة بوصلة توضع فوق كل لفة يمكن تعيين الملف المعكوس بناء على تجربة أو رستيد فيصلح بعكس اتصاله مع عضو التوحيد

١٠ — الخلل . الآلة غير محملة ومع كل فعضو الاستنتاج يحتاج لقوة كبيرة لادارته وتخرج منه رائحة

السبب — وجود رطوبة في ملفات العضو

التصليح — يمكن تخفيف أعضاء الاستنتاج بوضعها في شمس قوية مدة مختلف من ٢٠ الى ٤٠ ساعة أو بادارة الآلة ان كانت دينامو بسرعة متوسطة مع جعل تيار التغذية صغيراً بنسبة $\frac{1}{3}$ إلى $\frac{1}{6}$ من التيار المعتاد وذلك بادخال

مقاومة كبيرة في دائرة التوازي ثم بعد ذلك نوصل الفرشتين بامبير ومتر ومقاومة منظمة لتنظيم التيار المار وجعله يزيد عن مقداره القانوني بمقدار ١٥ ٪ أو ١٠٠ ٪. وأما اذا كانت الآلة محركاً فيرسل لها تيار ضغطه ١٠ ٪ من الضغط المعتاد وذلك بعد فصل دائرة التغذية ثم تنظم شدة التيار المار بواسطة مقاومة تكون في الدائرة حتى تصل الشدة ١٥٠ ٪ من الشدة المقررة له ويترك المحرك دائراً جملة ساعات .

١١ — الخلل . ارتفاع درجة ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج ارتفاعاً زائداً بعد الادارة بقليل . هذا فضلاً عن ان الآلة لا تغذى نفسها أو تحتاج لقوة كبيرة اذا كانت التغذية من الخارج
السبب — قصر في دائرة ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج التصليح — القصر في دائرة اللفات يحدث مما يأتي .
١ — لمس سلكين من الأسلاك الجانبية التي على نهايتي عضو الاستنتاج لبعضهم .

ب — بوجود قطعة معدن أو لحام زائدة بين قضيبين من قضبان عضو التوحيد ففي الحالة الاخيرة يسهل رفع القطعة الزائدة وأما اذا كان القصر موجوداً في دائرة الملف نفسه فيصاح باعادة لفه ثانياً أو لف جميع عضو الاستنتاج ان احتاج الأمر .

تنبيه . يلزم وقف الآلة مباشرة بعد ظهور الخلل والا تحترق بعد قليل
١٢ — الخلل . عضو الاستنتاج يسخن كثيراً بعد الادارة بقليل والسير مشدود مع وجود ذلقات كثيرة بينه وبين الطنبور

السبب — الآلة محملة بزيادة عن طاقتها بمعنى أن شدة التيار الخارج من الدينامو يزيد كثيراً عن مقداره القانوني أو أن الشغل الميكانيكي المأخوذ من الآلة المحركة كان كبيراً جداً
التصليح . خفف الحمل

المسخن الزائد النرى يحدث في عضو التوحيد والفرش

بند ١٧٢ — ١٣ — الخلل . تغطية عضو التوزيع بطبقة سوداء وارتفاع درجة حرارة كل من العضو والفرش

السبب — الفرش لينة فتتآكل وتغطي عضو التوزيع بطبقة تسبب زيادة في مقاومة تلامس الفرش بالعضو.

التصليح — صنفرة عضو التوزيع بورق صنفرة ناعم وضع عليه قليلاً من الزيت النظيف واستعمل فرش صلبة

١٤ — الخلل — ارتفاع في درجة حرارة كل من عضو التوحيد وفرش الكربون وعند تقليل الضغط بينهما تختفي هذه الحرارة .

السبب — « ١ » ضغط الفرش على عضو التوحيد كبير

« ب » الكربون المستعمل صلب جداً

التصليح — « ١ » خفف من ضغط الفرش على العضو بواسطة حامل الفرشة

« ب » استعمل كربون أقل صلابة

١٥ — الخلل — الفرش تسخن قبل عضو التوحيد وزيادة عنه

السبب — كثافة التيار في الفرش كبيرة

التصليح — هذا الخلل كثير الحدوث في فرش الكربون بخلاف الفرش المعدنية لأن الأخيرة جيدة التوصيل للكهرباء . فلاجتناب ذلك تستعمل فرش معدنية أو مصنوعة من النحاس والكربون معاً

١٦ — الخلل . وجود شرر في الفرش وعند ازاحتها عن موضعها يقل أو

يكثر هذا الشرر

السبب — الفرش في غير موضعها الصحيح

التصليح — حرك رافعة الفرش باعثناء حتى تجد الموضع الصحيح لها
وينختفي الشرر

١٧ — الخلل — حين دوران عضو الاستنتاج ببطء يشاهد صعود وهبوط
الفرش على عضو التوحيد وعند الدوران بسرعة تحصل اهتزازات فيها
السبب — (١) قضبان عضو التوحيد ليست ذات صلابة واحدة فاللينة
تآكلت قبل الصلبة وقد يحصل ذلك كثيراً في قضبان البرنز بخلاف النحاس
الأحمر الصلب

(٢) حلقة عضو التوحيد مفكوكة ويمكن التحقق من ذلك بوضع قطعة
خشب على العضو والضرب عليها بمطرقة صغيرة فتدخل بعض القضبان تحت
تأثير ضغط المطرقة

التصليح — (١) يخرط عضو التوحيد تماماً

(٢) تربط جيداً حلقة عضو التوحيد وهو في درجة حرارة مرتفعة
١٨ — الخلل . الفرش تهتز وتخرج صوتاً وشرراً مع أن عضو التوحيد
ناعم السطح وقد تظهر على سطحه بقع سوداء ان كانت الفرش من الكربون
السبب — ارتفاع المادة العازلة التي بين قضبان عضو التوحيد عن سطح
القضبان وقد يحدث ذلك من سببين

(١) اذا كانت المادة العازلة مصنوعة من الميكا فهي أحياناً لا تتآكل
بسرعة كالقضبان نفسها ولهذا السبب تكون بارزة عن سطح القضبان وپشيراً
ما يكون هذا البروز صغيراً حتى لا يمكن ادراكه بطرف الاظافر

(٢) ارتفاع في القضبان

التصليح — (١) (أنظر نمرة ٣ في هذا الفصل)

(٢) تثبت القضبان جيداً وهي ساخنة

الفصل الثاني

المحركات

- بند ١٧٢ — (١) الخلل — عدم دوران المحرك مع أن التيار مار في عضو استنتاجه واذا أدير هذا العضو باليد يحصل شرر السبب — غير موجود تيار في ملف عضو التوليد أما لحصول قطع فيه أو أن ملفات الأقطاب متصلة بعكس بعضها
- التصليح — يبحث عن القطع ويصلح أو توصل الملفات في اتجاه واحد
- (٢) الخلل — عدم وجود تيار في عضو استنتاج المحرك السبب — مفتاح توصيل الدائرة العمومية مفتوح أو المصهر مقطوع
- التصليح — أقفل الدائرة أو غير المصهر
- (٣) الخلل — التيار مار في عضو الاستنتاج والتوليد والمحرك يحمل ودائر كعاداته ولكن عند ارجاع يد منظم بدء الحركة (لا يقاف المحرك) لنقطة الابتداء تزداد كثيراً شدة التيار في عضو الاستنتاج
- السبب — الحمل المحمل به المحرك كبير جداً أو أن الاحتكاك في اللقم (أى المفقود الميكانيكى) عظيم
- التصليح — قلل من حمل المحرك أو أصلح اللقم
- (٤) الخلل — التيار مار في عضو التوليد والاستنتاج ولكن هذا الأخير يمكن تدويره فقط باليد بكل صعوبة
- السبب — حرق ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج
- التصليح — أصلح العضو

زيادة ونقص سرعة المحركات

بند ١٧٣ — (٥) الخلل — سرعة المحرك منخفضة جداً ودرجة حرارة عضو الاستنتاج مرتفعة

السبب — المحرك يحمل زيادة عن طاقته ويمكن معرفة ذلك بوضع أمبير ومتر في الدائرة فيشاهدان التيار المار شديد جداً

التصليح — قلل من الحمل حتى يقرأ الأمبير ومتر المقدار القانوني وإذا لم يثنى تصغير الحمل فصغر قطر طنبور المحرك أو كبر قطر طنبور الآلة المحمل بها المحرك .

(٦) الخلل — سرعة المحرك تكون كبيرة جداً أن كان الحمل خفيفاً وبالعكس .

السبب — مغناطيسية عضو التوليد ضعيفة وتوصيل ملفاته معكوس التصليح — أنظر نمرة ١

(٧) الخلل — سرعة دوران المحرك التوالى كبيرة جداً
السبب — الحمل صغير

التصليح — التغذية في محركات التوالى تتعلق على التيار العمومي . فإذا كان الضغط المستمد من الينبوع لإدارة المحرك ثابتاً فكما كان هذا التيار صغيراً كلما كانت السرعة كبيرة وعلى ذلك إذا رفع الحمل عن هذا النوع من المحركات فإن سرعته تصل لدرجة عظيمة جداً

ولذلك يجب توصيل هذا النوع مباشرة بالآلة التي يديرها والا فربما ينزلق السير (إذا لم تكن التوصيلة مباشرة) فترتفع سرعته للحد الذي يكون خطراً على المحرك .

التصليح — يجب أن لا يقل الحمل المحمل به هذا النوع عن $\frac{1}{4}$ ما يتحملة

جدول اجوبة مسائل التمرينات في آخر كل باب

الباب الأول

- (١) ٢,٨ أمبير (٢) ٣٢٠٠ لفة (٣) ١٢٦ خطأ ٠,٠٠١٢٥٦ فلت
 ٠,٠٠١٣٦ هزى ٠,٠٠٠٠٢٥٦ كولوم ٠,٠٠٠٠٠٢٥٦ (٤) ٦٣ ارج تقريباً
 (٥) ١,٢ ميكرو كولوم تقريباً

الباب الثاني

- (١) ٢,٧ × ٦١٠ (٢) ٩٠٠ سلك (٣) ٣٢٠ سلك (٤) امامية =
 ٩٦ خلقية = ٧ (٥) ٤٦ (٦) ١١٦ (٧) ١,١ فلت (٨) ٣,٢
 كيلو جرام

الباب الثالث

- (١) ١,٣٤ (٣) ٨٠ أمبير ١١١,٧ فلت (٤) — مركب قصير —
 ٥٢٥,٧ ٥٤,٧ ٢٠١,٩٢ ٢٠١,٩٢ أمبير ١٠٩,٩ فلت — طويل — ٥٢٢,٧
 ٥٤,٤ ٢٠١,٩٢ ٢٠١,٩٢ أمبير ١٠٩,٩ فلت (٥) ١٠ فلت ٢٠١,٩ أمبير
 ٥٤,٩ ٩٧ (١١) %

الباب الرابع

- (٣) ١٢٢٠ (٤) مركب قصير — ٩٠,٨ % ٩٠,٥٦ % مركب طويل
 — ٩٠ % ٨٩,٧٦ % (٦) ٠,٠١٨٣ من الثانية (٧) ١٨,١ × ١٠

الباب الخامس

- (١) ٥٩,٩ رطل قلم (٢) ٥٦,٢٤ فلت (٣) ١٠٠,٧ دورة في الدقيقة

الباب السادس

(١) ١٧٨٢ (٢) ١٠٥,٣ دورة في الدقيقة (٣) ١٠,٢ (٤) ٤٦
كيلوجرام متر

الباب السابع

(١) ١٠ خطوات ٦ مقاومة كل خطوة ٢,٨ ٦ ١,٨ ٦ ١,٦ ٦ ١,٤ ٦ ١,٢ ٦ ١,٠ ٦ ٠,٨ ٦ ٠,٦ ٦ ٠,٤ ٦ ٠,٢ ٦ ٠,٠ ٦ ٠,٢ ٦ ٠,٤ ٦ ٠,٦ ٦ ٠,٨ ٦ ١,٠ ٦ ١,٢ ٦ ١,٤ ٦ ١,٦ ٦ ١,٨ ٦ ٢,٠ ٦ ٢,٢ ٦ ٢,٤ ٦ ٢,٦ ٦ ٢,٨ ٦ ٣,٠ ٦ ٣,٢ ٦ ٣,٤ ٦ ٣,٦ ٦ ٣,٨ ٦ ٤,٠ ٦ ٤,٢ ٦ ٤,٤ ٦ ٤,٦ ٦ ٤,٨ ٦ ٥,٠ ٦ ٥,٢ ٦ ٥,٤ ٦ ٥,٦ ٦ ٥,٨ ٦ ٦,٠ ٦ ٦,٢ ٦ ٦,٤ ٦ ٦,٦ ٦ ٦,٨ ٦ ٧,٠ ٦ ٧,٢ ٦ ٧,٤ ٦ ٧,٦ ٦ ٧,٨ ٦ ٨,٠ ٦ ٨,٢ ٦ ٨,٤ ٦ ٨,٦ ٦ ٨,٨ ٦ ٩,٠ ٦ ٩,٢ ٦ ٩,٤ ٦ ٩,٦ ٦ ٩,٨ ٦ ١٠,٠ ٦ ١٠,٢ ٦ ١٠,٤ ٦ ١٠,٦ ٦ ١٠,٨ ٦ ١١,٠ ٦ ١١,٢ ٦ ١١,٤ ٦ ١١,٦ ٦ ١١,٨ ٦ ١٢,٠ ٦ ١٢,٢ ٦ ١٢,٤ ٦ ١٢,٦ ٦ ١٢,٨ ٦ ١٣,٠ ٦ ١٣,٢ ٦ ١٣,٤ ٦ ١٣,٦ ٦ ١٣,٨ ٦ ١٤,٠ ٦ ١٤,٢ ٦ ١٤,٤ ٦ ١٤,٦ ٦ ١٤,٨ ٦ ١٥,٠ ٦ ١٥,٢ ٦ ١٥,٤ ٦ ١٥,٦ ٦ ١٥,٨ ٦ ١٦,٠ ٦ ١٦,٢ ٦ ١٦,٤ ٦ ١٦,٦ ٦ ١٦,٨ ٦ ١٧,٠ ٦ ١٧,٢ ٦ ١٧,٤ ٦ ١٧,٦ ٦ ١٧,٨ ٦ ١٨,٠ ٦ ١٨,٢ ٦ ١٨,٤ ٦ ١٨,٦ ٦ ١٨,٨ ٦ ١٩,٠ ٦ ١٩,٢ ٦ ١٩,٤ ٦ ١٩,٦ ٦ ١٩,٨ ٦ ٢٠,٠ ٦ ٢٠,٢ ٦ ٢٠,٤ ٦ ٢٠,٦ ٦ ٢٠,٨ ٦ ٢١,٠ ٦ ٢١,٢ ٦ ٢١,٤ ٦ ٢١,٦ ٦ ٢١,٨ ٦ ٢٢,٠ ٦ ٢٢,٢ ٦ ٢٢,٤ ٦ ٢٢,٦ ٦ ٢٢,٨ ٦ ٢٣,٠ ٦ ٢٣,٢ ٦ ٢٣,٤ ٦ ٢٣,٦ ٦ ٢٣,٨ ٦ ٢٤,٠ ٦ ٢٤,٢ ٦ ٢٤,٤ ٦ ٢٤,٦ ٦ ٢٤,٨ ٦ ٢٥,٠ ٦ ٢٥,٢ ٦ ٢٥,٤ ٦ ٢٥,٦ ٦ ٢٥,٨ ٦ ٢٦,٠ ٦ ٢٦,٢ ٦ ٢٦,٤ ٦ ٢٦,٦ ٦ ٢٦,٨ ٦ ٢٧,٠ ٦ ٢٧,٢ ٦ ٢٧,٤ ٦ ٢٧,٦ ٦ ٢٧,٨ ٦ ٢٨,٠ ٦ ٢٨,٢ ٦ ٢٨,٤ ٦ ٢٨,٦ ٦ ٢٨,٨ ٦ ٢٩,٠ ٦ ٢٩,٢ ٦ ٢٩,٤ ٦ ٢٩,٦ ٦ ٢٩,٨ ٦ ٣٠,٠ ٦ ٣٠,٢ ٦ ٣٠,٤ ٦ ٣٠,٦ ٦ ٣٠,٨ ٦ ٣١,٠ ٦ ٣١,٢ ٦ ٣١,٤ ٦ ٣١,٦ ٦ ٣١,٨ ٦ ٣٢,٠ ٦ ٣٢,٢ ٦ ٣٢,٤ ٦ ٣٢,٦ ٦ ٣٢,٨ ٦ ٣٣,٠ ٦ ٣٣,٢ ٦ ٣٣,٤ ٦ ٣٣,٦ ٦ ٣٣,٨ ٦ ٣٤,٠ ٦ ٣٤,٢ ٦ ٣٤,٤ ٦ ٣٤,٦ ٦ ٣٤,٨ ٦ ٣٥,٠ ٦ ٣٥,٢ ٦ ٣٥,٤ ٦ ٣٥,٦ ٦ ٣٥,٨ ٦ ٣٦,٠ ٦ ٣٦,٢ ٦ ٣٦,٤ ٦ ٣٦,٦ ٦ ٣٦,٨ ٦ ٣٧,٠ ٦ ٣٧,٢ ٦ ٣٧,٤ ٦ ٣٧,٦ ٦ ٣٧,٨ ٦ ٣٨,٠ ٦ ٣٨,٢ ٦ ٣٨,٤ ٦ ٣٨,٦ ٦ ٣٨,٨ ٦ ٣٩,٠ ٦ ٣٩,٢ ٦ ٣٩,٤ ٦ ٣٩,٦ ٦ ٣٩,٨ ٦ ٤٠,٠ ٦ ٤٠,٢ ٦ ٤٠,٤ ٦ ٤٠,٦ ٦ ٤٠,٨ ٦ ٤١,٠ ٦ ٤١,٢ ٦ ٤١,٤ ٦ ٤١,٦ ٦ ٤١,٨ ٦ ٤٢,٠ ٦ ٤٢,٢ ٦ ٤٢,٤ ٦ ٤٢,٦ ٦ ٤٢,٨ ٦ ٤٣,٠ ٦ ٤٣,٢ ٦ ٤٣,٤ ٦ ٤٣,٦ ٦ ٤٣,٨ ٦ ٤٤,٠ ٦ ٤٤,٢ ٦ ٤٤,٤ ٦ ٤٤,٦ ٦ ٤٤,٨ ٦ ٤٥,٠ ٦ ٤٥,٢ ٦ ٤٥,٤ ٦ ٤٥,٦ ٦ ٤٥,٨ ٦ ٤٦,٠ ٦ ٤٦,٢ ٦ ٤٦,٤ ٦ ٤٦,٦ ٦ ٤٦,٨ ٦ ٤٧,٠ ٦ ٤٧,٢ ٦ ٤٧,٤ ٦ ٤٧,٦ ٦ ٤٧,٨ ٦ ٤٨,٠ ٦ ٤٨,٢ ٦ ٤٨,٤ ٦ ٤٨,٦ ٦ ٤٨,٨ ٦ ٤٩,٠ ٦ ٤٩,٢ ٦ ٤٩,٤ ٦ ٤٩,٦ ٦ ٤٩,٨ ٦ ٥٠,٠ ٦ ٥٠,٢ ٦ ٥٠,٤ ٦ ٥٠,٦ ٦ ٥٠,٨ ٦ ٥١,٠ ٦ ٥١,٢ ٦ ٥١,٤ ٦ ٥١,٦ ٦ ٥١,٨ ٦ ٥٢,٠ ٦ ٥٢,٢ ٦ ٥٢,٤ ٦ ٥٢,٦ ٦ ٥٢,٨ ٦ ٥٣,٠ ٦ ٥٣,٢ ٦ ٥٣,٤ ٦ ٥٣,٦ ٦ ٥٣,٨ ٦ ٥٤,٠ ٦ ٥٤,٢ ٦ ٥٤,٤ ٦ ٥٤,٦ ٦ ٥٤,٨ ٦ ٥٥,٠ ٦ ٥٥,٢ ٦ ٥٥,٤ ٦ ٥٥,٦ ٦ ٥٥,٨ ٦ ٥٦,٠ ٦ ٥٦,٢ ٦ ٥٦,٤ ٦ ٥٦,٦ ٦ ٥٦,٨ ٦ ٥٧,٠ ٦ ٥٧,٢ ٦ ٥٧,٤ ٦ ٥٧,٦ ٦ ٥٧,٨ ٦ ٥٨,٠ ٦ ٥٨,٢ ٦ ٥٨,٤ ٦ ٥٨,٦ ٦ ٥٨,٨ ٦ ٥٩,٠ ٦ ٥٩,٢ ٦ ٥٩,٤ ٦ ٥٩,٦ ٦ ٥٩,٨ ٦ ٦٠,٠ ٦ ٦٠,٢ ٦ ٦٠,٤ ٦ ٦٠,٦ ٦ ٦٠,٨ ٦ ٦١,٠ ٦ ٦١,٢ ٦ ٦١,٤ ٦ ٦١,٦ ٦ ٦١,٨ ٦ ٦٢,٠ ٦ ٦٢,٢ ٦ ٦٢,٤ ٦ ٦٢,٦ ٦ ٦٢,٨ ٦ ٦٣,٠ ٦ ٦٣,٢ ٦ ٦٣,٤ ٦ ٦٣,٦ ٦ ٦٣,٨ ٦ ٦٤,٠ ٦ ٦٤,٢ ٦ ٦٤,٤ ٦ ٦٤,٦ ٦ ٦٤,٨ ٦ ٦٥,٠ ٦ ٦٥,٢ ٦ ٦٥,٤ ٦ ٦٥,٦ ٦ ٦٥,٨ ٦ ٦٦,٠ ٦ ٦٦,٢ ٦ ٦٦,٤ ٦ ٦٦,٦ ٦ ٦٦,٨ ٦ ٦٧,٠ ٦ ٦٧,٢ ٦ ٦٧,٤ ٦ ٦٧,٦ ٦ ٦٧,٨ ٦ ٦٨,٠ ٦ ٦٨,٢ ٦ ٦٨,٤ ٦ ٦٨,٦ ٦ ٦٨,٨ ٦ ٦٩,٠ ٦ ٦٩,٢ ٦ ٦٩,٤ ٦ ٦٩,٦ ٦ ٦٩,٨ ٦ ٧٠,٠ ٦ ٧٠,٢ ٦ ٧٠,٤ ٦ ٧٠,٦ ٦ ٧٠,٨ ٦ ٧١,٠ ٦ ٧١,٢ ٦ ٧١,٤ ٦ ٧١,٦ ٦ ٧١,٨ ٦ ٧٢,٠ ٦ ٧٢,٢ ٦ ٧٢,٤ ٦ ٧٢,٦ ٦ ٧٢,٨ ٦ ٧٣,٠ ٦ ٧٣,٢ ٦ ٧٣,٤ ٦ ٧٣,٦ ٦ ٧٣,٨ ٦ ٧٤,٠ ٦ ٧٤,٢

الباب الثامن

٩٣,٦ ٪ (٦) ٣٩,٤ أمبير (٧) ٨٦٤,٩ دورة في الدقيقة ٢٤٣,٩٢ فلت

الباب التاسع

(٤) الاول = $\frac{٧}{١١}$ ١٤٥ أمبير. والثاني = $\frac{٤}{١٦}$ ١٤٤ أمبير

الباب العاشر

(١) ١٢٠٪ (٢) المنقود ينخفض الى ٧٥٪ ٦ ١/٦ المساحة ٦ ٤ مرات
(٣) الضغط ينخفض الى ١٩٥,٥ فلت على الطرف الموجب ويرتفع الى ٢٤٤,٥ على الطرف السالب

الباب الحادى عشر

(١) ٦٣ عمود ٧٠.٦ عمود (٢) ٠.٠٠٥ (٣) ٨٥ % ٨٣.٦ % (٦)
٥٤٧ أمبر ساعة

بعض الاصطلاحات المأخوذة بالانجليزية

Magnetic force of current	قوة التيار الكهربائي المغناطيسية
Electrical Energy	الطاقة الكهربائية
Mutual induction	الاستنتاج المتبادل
Self induction	» الذاتي (أو النفسى)
Magnetic flux	التدفق المغناطيسى
Magnetic hysteresis	القصور المغناطيسى
Residual magnetism	المغناطيسية الباقية
Primary winding	الملف الابتدائى
Secondary winding	الملف الثانوى
Hysteresis loop	منحنى الدورة المغناطيسية
Armature	عضو الاستنتاج (أو الانتاج)
Commutator	عضو التوحيد
Field magnets	أقطاب عضو التوليد (أو التنبيه)
Field windings	لفات عضو التوليد
Armature windings	لفات عضو الاستنتاج
Yoke	حامل الاقطاب فى الدينامو
Magnet core	قلب القطب
Pole pitch	الخطوة القطبية
Pole arc	القوس القطبى
Lap windings	لفات انطباقية
Wave windings	لفات تموجية
Shunt wound dynamo	دينامو توازى
Series wound dynamo	دينامو توالى

Compound wound dynamo	دينامو مركب
Short shunt	مركب قصير
Long shunt	مركب طويل
Back electromotive force	القوة الدافعة الرجعية
commutative compound wound dynamo	مركب اضافي
Differential compound wound dynamo	مركب تفریقی
Boosters	مساعداً
Armature reaction	رد فعل عضو الاستنتاج
Electric arc	القوس الكهربائي
End cells	أعمدة احتياطية
To charge the battery	شحن البطارية
To discharge	التفريغ
Neutral zone	منطقة الحياد
Short circuit current	تيار القصر
Neutral wire	سلك الحياد
Equaliser	سلك التعادل
Balancers	أجهزة التوازن
Auxiliary Poles	أقطاب مساعده
Ampere turns	أمبير لفات
Torque	العزم
Accelerating torque	عزم الدوران
Retarding torque	العزم الرجعي
Fuses	المصهرات
Characteristic curve	المنحنى الخاص
Magnetisation curve	منحنى التغطس

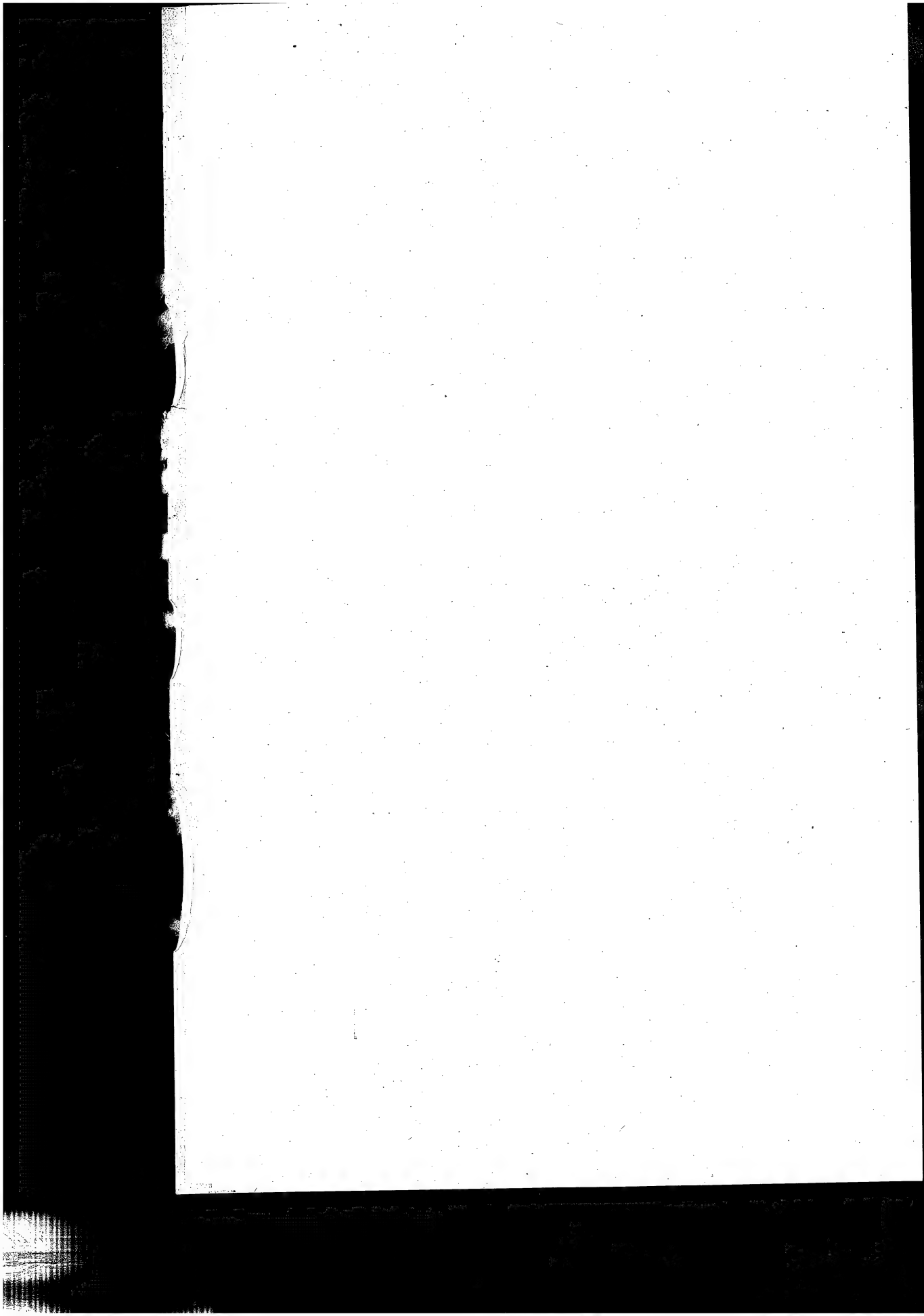
جدول تصحيح الخطأ

الصحيفة	السطر	الخطأ	الصواب
٣	٢٠	وكبني	مركبتي
٦	١٠	الوجهة	الوجهة
٦	١٨	يد	بد
١٩	شكل ١٢	حش	س ا
٢٠	شكل ١٤	القطب الشمالى الايضاح	القطب الشمالى محذوف للايضاح
٢٤	٨	عذا	هذا
٢٥	١٣	سانناً	ساكناً
٢٨	٢٢	والفلتمترات	والفلتمترات (
٣٢	١٢	X ق س	X ق س
٢٥	شكل ٢١	لم يسم	سم
٣٧	٧	يكن	يكن
٤٠	٩)	(٨
٤٧	٧	:	ز
٤٧	١٣	البناء	التيار
٤٨	١٨	ثلت	فلت
٥٣	٨	معذول	معزول
٦٦	١٤	من المغناطيسى	المغناطيسى
٧٩	شكل ٤٧	ح د	ح د
٨٥	٤	جمع	جميع
٨٨	١٧	على طول	على طول وجه القطب
٨٨	٢١	استعمال	استعمال
٨٩	شكل ٦١	—	الدوران عكس عقرب الساعة
١٠٠	١٥	ز	ز
١٠٥	٤	الانطباقية	الانطباقية
١١١	١٢ ، ٩	القرص	القوس
١٣٨	٣	عن	عند
١٣٨	١٣	١٧٢٠	٧١٢٠
١٥٧	٥	وا	وفا

الصواب	الخطأ	السطر	الصحيفة
إذا فالكسر —	إذا فالكسر — =	٢١	١٦٠
شكل ١٢٢	شكل ٢٢	شكل ٢٢	١٧١
(س — س)	(س — س)	١٠	١٨٢
(س — س)	(س — س)	١١	١٨٢
(و + و) × ١٠٠٠	(و + و)	١٧	١٨٦
العازلة	العازلة	١٦	١٩٢
كلتيهما	كليهما	٤	٢٣١
التشبع	التشبع	٨	٢٣٣
٤٠ أمبير	٤ أمبير	١	٢٣٤
١٩٠٤ ر	١٩٠٤ ر	٦٤٢	٢٥٦
تيار لفات التوليد = ٢ أمبير	—	١٥	٢٦٧
٩٦١	٩٦٠	٢١	٢٦٨
تياراً	تيار	٢١	٢٧٣
أن	وأن	١	٢٨٢
الاول	الاولى	١	٢٨١
النتائج	النتيجة	١٠	٢٨١
والشكل ١٨٣	والشكل ١٧٣	٥	٢٨٦
جهازا	جهاز	١٥	٢٨٦
بالبطارية	بالبطرية	١٥	٣٠١
قطعتان	قطعتين	٨	٣٠٣
المقاومتان الكربونيتان	المقاومتين الكربونيتين	١٣	٣٠٣
بند ١٥٢	بند ١٥٣	١٢	٣١٣
فالمعدنان المستعملان	فالمعدين المستعملين	١٥	٣٢٠
$\frac{3}{4} \times 5$	$\frac{3}{4} \times 5$	٥	٣٢١
انفتح	انتج	٤	٣٢٥
الميزان	للميزن	٢٠	٣٢٧
الطول ١٠٠ ستم ومساحة المقطع ١٠ ستم ^٢	—	المسألة (٣)	٧٣

تابع جدول الخطأ والصواب

الصواب	الخطأ	السطر	الصحيفة
دوائر	دوائر	٤	١٣
٢٠ سنتم	٢٠ سنتم	١٢	٤٠
٢٠ سنتم	٢٠ سنتم	٨	٧٣
مربع السرعة	سرعة	١٤	٩٥
شكل ٧٨ م	شكل ٨١	—	١١١
٪٦٥	٪٦	١٣	١٩٣
٩٩٠	٩٩	١٦	٢١٨
محرك	دينامو	٩	٢٣٢
٣٠٥ ر	١٠,٠٥ ر	٩	٢٣٥
المسموح بها في بدء الحركة	على أقصى حمل = ٥٣ امير	المسألة (٢)	٢٤٩
٥٣ = امير على أقصى حمل			
٣٨ = امير			
٧ خطوات	١٠ خطوات	٥	٣٥٦
١٠ خطوات	٧ خطوات	٦	٣٥٦
Cumulative	Cumulative	٥	٣٥٨
مقاومة لفات للتوازي = ٥٧ ر	—	المسألة (١)	٢٦٧
بند ١٣٤ م	بند ١٥٣	١٢	٢٨٤
بند ١٣٦	بند ١٣٧	٦٤	٢٨٨
التفريغ	التفريغ	١٣	٣٠١
بند ١٧٢ م	بند ١٧٢	٣	٣٥٣
٥٢٣ ر	٥٢٥ ر	١٢	٣٥٥
١٢٦٤	١٢٢٠	١٦	٣٥٥



فهرست كتاب الهندسة الكهربائية

(الكلمة الأولى)

- الفصل لأول — بند ١ — تعاريف أولية
 الفصل الثاني — بند ٢ — الاجسام المغناطيسية — بند ٣ — القوة المتبادلة بين مغناطيسين
 بند ٤ — خطوط القوة المغناطيسية وكيفية تقديرها — بند ٥ — استنتاج بند ٤
 بند ٦ — تقدير عدد الخطوط المغناطيسية للدلالة على القوة — بند ٧ — فرق الجهد
 المغناطيسي والقوة الدافعة المغناطيسية
 الفصل الثالث — بند ٨ — قوة التيار الكهربائي المغناطيسية — بند ٩ — قوة مغناطيسية
 التيار الكهربائي — بند ١٠ — قوة مغناطيسية تيار كهربائي في سلك مستقيم وسلك
 دائري — بند ١١ — وحدة التيار الكهربائي — بند ١٢ — تأثير القوة المتبادلة
 بين مغناطيسية التيار الكهربائي ومغناطيسية قطب موضوع في ساحته — بند ١٣ —
 القوة المتولدة في سلك به تيار كهربائي وموضوع في ساحة مغناطيسية — بند ١٤ —
 تقدير القوة الدافعة المغناطيسية و فرق الجهد المغناطيسي السكلى .

الباب الاول في الملفات الكهربائية

- الفصل الأول — بند ١٥ — المغناطيس الكهربائي — بند ١٦ — الطاقة الكهربائية
 بند ١٧ — سير الخطوط المغناطيسية في قلب الملف — بند ١٨ — معرفة اتجاه سير
 خطوط القوة المغناطيسية في قلب الملف الكهربائي
 الفصل الثاني — بند ١٩ — الكثافة المغناطيسية وقوة التيار المغناطيسية وكيفية تقديرها
 بند ٢٠ — تقدير قوة التيار المغناطيسية في قلب ملف حلزوني — بند ٢١ — تأثير
 الأجسام القابلة للمغطة على قوة التيار المغناطيسية — بند ٢٢ — التشابه بين الدوائر
 المغناطيسية والدوائر الكهربائية
 الفصل الثالث — بند ٢٣ — تجارب فرداي — بند ٢٤ — تقدير القوة الدافعة المستنتجة
 بند ٢٥ — الاستنتاج المتبادل — بند ٢٦ — قوة المغناطيس الكهربائي لرفع الاثقال
 — بند ٢٧ — كيفية قياس معامل النفاذ — بند ٢٨ ، ٢٩ — التجارب لقياس
 معامل النفاذ
 الفصل الرابع ق القصور المغناطيسي — بند ٣٠ — تأثير نوع الوسط الحديدي على المغناطيسية
 بند ٣١ — القصور المغناطيسي — بند ٣٢ — المغناطيسية الباقية — بند ٣٣ —
 الطاقة المنصرفة في الحديد نتيجة القصور المغناطيسي — بند ٣٤ — تقدير الشغل المفقود
 في الحديد نتيجة القصور المغناطيسي — بند ٣٥ الهروب المغناطيسي
 ٤٦ — الهندسة الكهربائية

الباب الثاني في الدينامو

الفصل الاول — بند ٣٦ — نظرية الدينامو — بند ٣٧ ، ٣٨ — اتجاه التيار المتولد في السلك — بند ٣٩ — تقدير القوة الدافعة المتولدة — بند ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ — التيار الكهربائي في الدينامو وتوزيعه للخارج — بند ٤٤ ، ٤٥ — الخط البياني للقوة الدافعة المتولدة

الفصل الثاني — بند ٤٦ — أعضاء الدينامو الرئيسية — بند ٤٧ — رفع قيمة الفلت المتولد في الدينامو

الفصل الثالث في شرح كل عضو — بند ٤٨ — التيارات الاضغارية — بند ٤٩ ، ٥٠ — عضو الاستنتاج — بند ٥١ — تقدير القوة الدافعة المتولدة في الدينامو — بند ٥٢ ، ٥٣ ، ٥٤ ، ٥٥ — الفرش

الفصل الرابع — بند ٥٦ — طرق لف أسلاك عضو الاستنتاج — بند ٥٧ ، ٥٨ — قوانين لف عضو الاستنتاج — بند ٥٩ — الفوس القطبي والخطوة القطبية — بند ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ — عدد الدوائر في لفات الاستنتاج وتعدد الاسلاك في كل مجرى — بند ٦٣ — امتياز كل نوع من نوعي لللف

الباب الثالث في تغذية أقطاب الديناموات

الفصل الاول — بند ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ — أنواع الديناموات — بند ٦٧ — مقاومة لفات عضو توليد دينامو التوازي والتوالي — بند ٦٨ — عضو التوليد

الفصل الثاني — من بند ٦٨ الى بند ٧٤ — معرفة مزايا كل نوع من الديناموات ذى التغذية الكهربية بواسطة منحنياته الخاصة — بند ٧٥ — القوة الدافعة والمقاومة في لفات عضو الاستنتاج

الفصل الثالث — بند ٧٦ ، ٧٧ — درس تنظيم فلت الدينامو بواسطة منحنى التغمطس ومنحنى السرعة

الباب الرابع في الانفعالات الداخلية في الدينامو وتأثيرها

الفصل الاول — بند ٧٨ ، ٧٩ — رد فعل عضو الاستنتاج ونتيجته — بند ٨٠ — تأثير وضع الفرش في منطقة الحياض العملية — بند ٨١ ، ٨٢ — تقدير الامبير لفات المضخة للتدفق المغناطيسي وكيفية تلافي ذلك — بند ٨٣ ، ٨٤ — الشرر ووضع الفرش وكيفية تلافيه — بند ٨٥ — زمن الفصر — بند ٨٦ — تأثير وضع الفرش على القوة الدافعة المؤثرة

الفصل الثاني — بند ٨٧ — الحرارة المتولدة في أجزاء الدينامو — من بند ٨٨ الى ٩٣ — كيفية تحديدها من الوجهة العملية مع درس جزء من كيفية تصميم الديناموات ومعرفة أبعاد أجزائها

الفصل الثالث — بند ٩٤ ، ٩٥ — العزم في الديناموات وكيفية تقديره

الباب الخامس في المحركات الكهربائية

الفصل الأول — بند ٩٦ — في المحركات الكهربائية
 الفصل الثاني والثالث — من بند ٩٧ الى ٩٩ — العزم والقوة الدافعة والتيار الكهربائي في
 المحركات — بند ١٠٠ — القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية في المحركات
 الفصل الرابع — بند ١٠١ — علاقة السرعة بالتدفق المغناطيسي والضغط على الفرش
 بند ١٠٢ ، ١٠٣ — رد فعل عضو الاستنتاج في المحرك وتأثير وضع الفرش

الباب السادس في العلاقة بين السرعة والحمل

الفصل الأول — بند ١٠٤ — أنواع المحركات — من بند ١٠٥ الى ١٠٨ — درس
 مميزات كل نوع من المحركات بواسطة منحنياته الخاصة

الباب السابع في مقاومات بدء الحركة

الفصل الأول — بند ١٠٩ — بدء حركة محرك
 الفصل الثاني — من بند ١١٠ الى ١١٣ — درس أجهزة بدء حركة محرك توازي بسيطة
 وتفاضلها وكيفية تلافيتها
 الفصل الثالث والرابع — بند ١١٤ ، ١١٥ — جهاز بدء حركة تقاطع اتوماتيكي وكيفية
 تقدير درجات مقاوماته — بند ١١٦ — بدء حركة محرك التوالى
 الفصل الخامس — بند ١١٧ — تنظيم سرعة المحرك — بند ١١٨ — عكس حركة المحرك

الباب الثامن في كيفية إيجاد جودة الدينامو والمحرك

الفصل الاول — بند ١١٩ — جودة المحرك
 الفصل الثاني — ١٢٠ ، ١٢١ — إيجاد الجودة عمليا بواسطة فرملة برونى
 الفصل الثالث — بند ١٢٢ ، ١٢٣ — طريقة (Swinburn) في إيجاد جودة المحرك
 الفصل الرابع — بند ١٢٤ — طريقة (Hopkinson) في إيجاد الجودة للدينامو
 الفصل الخامس — بند ١٢٥ — تحليل المعايير

الباب التاسع في توصيل الديناموات

الفصل الاول — من بند ١٢٦ الى ١٢٩ — عكس التيار في الديناموات وتأثيره على كل نوع
 الفصل الثاني — من بند ١٣٠ الى ١٣٣ — اشتراك الديناموات في الاحمال والاحتياطات
 اللازم اتخاذها في الانواع المركبة وكيفية وصل وفصل أحد الديناموات عن الأخرى أثناء الشغل

الباب العاشر في التوزيع بثلاثة أسلاك

الفصل الأول والثاني — بند ١٣٤ ، ١٣٥ — مراعاة الاقتصاد وتأثير اختلاف الاحمال على
 السلكين الخارجين

الفصل الثالث — مقارنة كتلة النحاس المستعملة في التوزيع بسلكين بها في التوزيع بثلاثة أسلاك مع تساوى القدرة من كليهما

الفصل الرابع — بند ١٣٧ — آلات التوازن

الباب الحادى عشر في البطاريات الثانوية

الفصل الاول — من بند ١٣٨ الى بند ١٤٠ — نظرية البطاريات وتكوين ألواحها الطبيعي والصناعي

الفصل الثانى — بند ١٤١ — تصميم البطاريات الثانوية — بند ١٤٢ — الألواح ذات المعجون — بند ١٤٣ — القوة الدافعة المتولدة — بند ١٤٤ — شحن البطارية بند ١٤٥ ، ١٤٦ — سعة البطارية وجودتها

الفصل الثالث — بند ١٤٧ — مساعدة البطارية للدينامو أثناء الشغل — بند ١٤٨ ، ١٤٩ — المساعدات وبعض أنواع منها

الفصل الرابع — بند ١٥٠ ، ١٥١ — استعمال البطاريات الثانوية وبعض تعليمات عنها

الباب الثانى عشر في منظّمات حركة محرك التوالى

الفصل الاول والثانى والثالث — من بند ١٥٢ الى ١٥٤ — المحركات المستعملة في الفاطرات السكهربائية وعددها وكيفية استعمالها وتنظيم حركتها

الفصل الرابع — بند ١٥٥ — منظّم حركة محرك توالى عند استعماله في العيارات — بند ١٥٦ — كيفية وضع المحركات في الفاطرة

الباب الثالث عشر في أجهزة الامن الكهربية

الفصل الاول — من بند ١٥٧ الى ١٥٩ — المصهرات وأنواعها والأغراض منها — بند ١٦٠ — درجة انصهار المعادن

الفصل الثانى والثالث — بند ١٦١ ، ١٦٢ — الفواطع الاتوماتيكية والطرق المختلفة في اطفاء القوس الكهربي

الفصل الرابع — بند ١٦٣ — قطع دائرة لفات عضو توليد دينامو

الفصل الخامس — بند ١٦٤ — عكس التيار عند شحن البطارية — بند ١٦٥ — مفتاح لقطع ووصل الدائرة اتوماتيكياً

الفصل السادس — بند ١٦٦ — الديناموات المستعملة للانارة في الفاطرات البخارية

الباب الرابع عشر في الموصلات ولوحة التوزيع

الفصل الاول — بند ١٦٧ ، ١٦٨ — الموصلات ومساحة مقطعها

الفصل الثانى — بند ١٦٩ — لوحة التوزيع

الباب الخامس عشر في خلل الآلات الكهربية

الفصل الاول — بند ١٧٠ ، ١٧١ ، ١٧٢ — الديناموات والتسخين الزائد في أعضائها

الفصل الثانى — بند ١٧٣ — المحركات والتسخين الزائد في أعضائها

